UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN GENERATIONSWECHSEL VON TRICHOSPHAERIUM SIEBOLDI SCHN.

VON

DR. FRITZ SCHAUDINN,
PRIVATDOCENT UND ASSISTENT AM ZOOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT BERLIN.

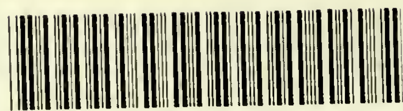
AUS DEM ANHANG ZU DEN ABHANDLUNGEN DER KÖNIGL. PREUSS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN VOM JAHRE 1899.

MIT 6 TAFELN.

BERLIN 1899.

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.



UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN GENERATIONSWECHSEL

VON

TRICHOSPHAERIUM SIEBOLDI SCHN.

VON

DR. FRITZ SCHAUDINN,

PRIVATDOCENT UND ASSISTENT AM ZOOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT BERLIN.

AUS DEM ANHANG ZU DEN ABHANDLUNGEN DER KÖNIGL. PREUSS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN VOM JAHRE 1899.

MIT 6 TAFELN.

BERLIN 1899.

VERLAG DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

Vorgelegt in der Sitzung der phys.-math. Classe am 1. December 1898
[Sitzungsberichte St. L. S. 797].
Zum Druck eingereicht am gleichen Tage, ausgegeben am 9. August 1899.

Einleitung.

Die Classiker der Protozoenforschung hatten den gewaltigen Formenreichthum dieser niedersten Thiergruppe kennen gelehrt und ihre Morphologie in mustergültiger Weise studirt. Die Lebensgeschichte, insbesondere die Fortpflanzungsvorgänge waren aber in den meisten Fällen sehr wenig erforscht, und bis heute sind noch grofse Lücken in unseren Kenntnissen geblieben.

Es ist nicht lange her, dafs bei den Protozoen keine anderen Fortpflanzungsvorgänge als die einfache Theilung bekannt waren. Erst die Forschungen der letzten Jahre lehrten, dafs noch andere Reproductionsmodi vorkommen und dafs zahlreiche Protozoen eine complicirte Entwickelungsgeschichte besitzen.

In einzelnen Fällen wurde nachgewiesen, dafs innerhalb desselben Artbereiches zwei verschiedene Formenreihen vorhanden sind (Foraminiferen, *Paramoeba*), die durch die Fortpflanzung zu einem Zeugungskreis verbunden werden. Bei der Untersuchung dieses sogenannten »Dimorphismus« stellte es sich heraus, dafs die beiden verschiedenen Formen einer anderen Art der Fortpflanzung ihren Ursprung verdanken; während die eine durch Theilung der anderen entsteht, wird die letztere aus der ersten durch Schwärmerbildung gebildet, so dafs also die beiden Formen mit einander abwechseln.

Die in neuester Zeit gemachte Entdeckung, dafs schon in der niedersten Gruppe der Protozoen, bei Rhizopoden, geschlechtliche Fortpflanzung vorkommt (*Actinophrys*- und *Actinosphaerium*-Copulation), und die Erforschung des Generationswechsels der Coccidien (durch Siedlecki und mich) demonstrirten die Wichtigkeit der Protozoenfortpflanzung für das Verständnifs und besonders den Ursprung der Metazoenbefruchtung.

Dafs die Schwärmerbildung der Protozoen ebenso wie bei den niederen Pflanzen mit einem Geschlechtsact verbunden sein könnte, war nicht

unwahrscheinlich, und diese Vermuthung wurde auch bei der Erklärung des »Dimorphismus« von verschiedenen Forschern ausgesprochen, mit um so mehr Berechtigung, als bereits in einem Falle (*Hyalopus*, Schaudinn 1894) die Copulation von Schwärmsporen beobachtet war.

Um diese Frage »Ist der Dimorphismus durch echten Generationswechsel bedingt?« zu entscheiden, wurde die nachfolgende Untersuchung vorgenommen.

Trichosphaerium schien mir ein besonders günstiges Object deshalb zu sein, weil es sich gut in Aquarien züchten läfst und zu den häufigsten marinen Rhizopoden gehört. Trotzdem boten die complicirten Lebensschicksale dieses Organismus der Erforschung zahlreiche Schwierigkeiten, so dafs ich die verhältnifsmäfsig lange Zeit von fünf Jahren dazu gebraucht habe. Während derselben habe ich *Trichosphaerium* nie ganz aus den Augen gelassen und mit Unterbrechungen immer von neuem gezüchtet und beobachtet, bis der Zeugungskreis geschlossen werden konnte.

Einen wesentlichen Fortschritt bei diesen Studien erlangte ich durch einen von der Königlichen Akademie der Wissenschaften mir ermöglichten Aufenthalt am Meere, an der norwegischen Küste, wo ich die marinen Rhizopoden in natürlicheren Lebensbedingungen als hier in Berlin in kleinen Aquarien beobachten konnte. Nicht zum wenigsten haben mich auch zahlreiche belehrende und anregende Gespräche gefördert, die ich mit meinem verehrten Lehrer und Chef, Hrn. Geh. Rath Prof. Dr. F. E. Schulze, geführt habe. Hierfür und für die liberalste Gewährung jeder Unterstützung durch das Zoologische Institut gebührt ihm mein aufrichtigster Dank.

Die nachfolgende Abhandlung ist die erste einer Reihe von Untersuchungen über den Generationswechsel bei Protozoen, eine zweite, die demnächst erscheint, wird sich mit dem Generationswechsel der Coccidien beschäftigen, woran sich eine ausführliche monographische Schilderung des Zeugungskreises der Foraminifere »*Polystomella crispa*« schliefsen wird: die dann folgenden Abhandlungen werden sich mit Heliozoen beschäftigen und die ausführlichen Mittheilungen über die bereits von mir in Kürze publicirten Beobachtungen an *Actinophrys* und den Acanthocystiden enthalten.

Litteratur über *Trichosphaerium.*

Unter dem Namen *Trichosphaerium sieboldii* wurde im Jahre 1878 von A. Schneider (78) ein Rhizopode aus den Austernbassins von Ostende beschrieben, der kugelige oder ovale Gestalt besafs und dessen Oberfläche mit dicht stehenden, gleich langen »Borsten« besetzt war. Die letzteren schienen einer festen Haut aufzusitzen, welche zahlreiche röhrenförmige Öffnungen besafs, aus denen hyaline, fadenförmige Pseudopodien ausgestreckt wurden. Schneider stellte diesen Organismus zu den Foraminiferen, ohne Gründe hierfür anzugeben; er sah ihn als Übergangsform von der *Lieberkühnia* zu den echten kalkschaligen Thalamophoren an. Die Beschreibung Schneider's ist sehr kurz und liefert keinen Beitrag zur Kenntnifs der inneren Organisation des Thieres.

Obwohl er den Namen gegeben hat, ist Schneider nicht der erste Beobachter dieses Rhizopoden, den er als neu beschreibt, doch konnten ihm die früheren Beobachtungen entgehen, da sie sehr versteckt publicirt waren. Nämlich schon neun Jahre früher (1869) hatte R. Greeff (69) an derselben Localität (Ostende) einen marinen Rhizopoden gefunden und kurz beschrieben, der in allen von Schneider aufgestellten Charakteren mit *Trichosphaerium* übereinstimmt (»kugelige, von feinen Kalknadeln besetzte Kapsel, durch deren runde Öffnungen stäbchenförmige Pseudopodien hervorgestreckt werden«). Greeff hat aber weder in dieser, noch in einer bald darauf folgenden Mittheilung (69 a) seinen Rhizopoden benannt, und der von Schneider gewählte Name besteht daher zu Recht. In seiner zweiten Notiz (69 a) stellt Greeff seinen Organismus ebenfalls zu den Foraminiferen, weil er annimmt, dafs die die Hülle zusammensetzenden Stäbchen aus kohlensaurem Kalk bestehen, und daher in der Schale eine Vorstufe der kalkigen Monothalamienschale erblickt.

Ohne die Arbeit Schneider's zu kennen, beschrieb 1883 Gruber (83) unter dem Namen *Pachymyxa hystrix* aus Freiburger Seewasseraquarien einen Rhizopoden, der vollständig mit *Trichosphaerium* übereinstimmte, was bald

darauf auch von diesem Autor erkannt und berichtigt wurde, indem er den von ihm gegebenen Namen zurückzog (83 a).

Während die bisher erwähnten Beobachter eigentlich nur das, was man bei einer oberflächlichen Betrachtung mit dem Mikroskop sehen kann, mittheilten, hat Gruber (83) genauere Untersuchungen angestellt und eine Reihe Thatsachen über die Lebensweise, die Structur der Schale und den Bau des Weichkörpers von *Trichosphaerium* geliefert, auf die im Laufe dieser Arbeit wiederholt eingegangen werden wird. Gruber sucht die nächsten Verwandten des *Trichosphaerium* nicht bei den Foraminiferen, sondern bei amoebenartigen Organismen, ja er fand bereits die stäbchenlosen, amoebenähnlichen Stadien von *Trichosphaerium* und vermuthete in ihnen Entwickelungsstadien unseres Thieres.

Möbius (89) beobachtete in der Kieler Bucht einen Rhizopoden mit Stäbchenhülle, den er für identisch mit *Trichosphaerium sieboldii* hält, obwohl derselbe einzelne Abweichungen zeigt. Diese beziehen sich namentlich auf die Stäbchen, die bei der Kieler Form organischer Natur sind, und auf die Pseudopodien, die Möbius nicht als fadenförmig, sondern als »kugelig-lappenförmige« Plasmafortsätze beschreibt. Dieser Forscher stellt für *Trichosphaerium* eine neue Rhizopodengruppe auf, die er *Trichosa* nennt und die ein Verbindungsglied zwischen den *Amoebaea* und *Perforata* bilden soll.

Im Jahre 1892 constatirte Greeff (92), daſs er der erste Beobachter des *Trichosphaerium* sei (vergl. oben). Seine Behauptung, daſs die Stäbchen der Hülle aus kohlensaurem Kalk bestehen, hält er aufrecht, ohne sie aber zu beweisen; die Pseudopodien sind lang »stäbchenförmig«. Weil Möbius (89) bei seiner Form organische Stäbchen und lappenförmige Pseudopodien angibt, hält Greeff dieselbe für eine Varietät der Nordseeform.

Noll (92) beschreibt in einer kurzen Notiz die Art der Ausbreitung der Trichosphaerien an der mit Algen bewachsenen Glaswand eines Aquariums und die kreisförmigen Fraſsstellen in dem Algenfilz. Über die Organisation gibt er nichts an.

Labbé (95) fand unseren Rhizopoden bei Roscoff und beobachtete das Vorkommen von Zooxanthellen im Weichkörper desselben.

Hiermit sind die bisherigen Beobachtungen über *Trichosphaerium* erschöpft. Dieselben sind sehr unvollständig und einander widersprechend. Über die Lebensgeschichte, die feineren Bauverhältnisse, die Kerne und die chemische Natur der Schale ist nichts bekannt.

Material und Untersuchungsmethoden.

Die zur nachfolgenden Untersuchung verwendeten Trichosphaerien stammen eines Theils aus den Seewasseraquarien des hiesigen Zoologischen Instituts, die ihre Füllung durch die Zoologische Station zu Rovigno erhalten hatten; ein anderer Theil fand sich in Gläsern ein, die vor mehreren Jahren aus dem Wiener Zoologischen Institut mit *Trichoplax adhaerens* hierher gekommen waren und deren Inhalt aus der Adria bei Triest stammte. Auch in mehreren Gläsern aus Helgoland lebt *Trichosphaerium*. Endlich fand ich diesen Rhizopoden freilebend im Puddefjord bei Bergen in Norwegen. Die dort beobachteten Individuen waren für mich besonders deshalb von Werth, weil ich ihre vollkommene Identität mit den Mittelmeerformen constatiren konnte. *Trichosphaerium* fand sich in der littoralen Zone bis zu einer Tiefe von etwa 5^{m} auf Algen ziemlich häufig.

Unser Rhizopode tritt zeitweilig in so ungeheueren Massen auf, daſs die Glaswände der Aquarien wie mit einem weiſsen Filz überzogen erscheinen, und ich litt daher niemals an Materialmangel. In den 38 Seewassergläsern, die mir zur Verfügung standen, trat zu jeder Jahreszeit während der verflossenen fünf Jahre mindestens in der Hälfte *Trichosphaerium* wahrhaft epidemisch auf. Besonders angenehm für die Untersuchung der Lebensverhältnisse dieses Rhizopoden ist seine Lebenszähigkeit. Er paſst sich den schlechtesten Lebensbedingungen an und scheint, wo er einmal sich eingebürgert hat, unausrottbar zu sein. Daher ist es auch nicht schwierig, ihn in kleineren Glasgefäſsen (sogenannten Krystallisirschalen und Uhrgläschen) zu züchten, um seine Fortpflanzung und Entwickelung zu beobachten.

Zum Aufsuchen einzelner Stadien an den Glaswänden der Aquarien habe ich, wie früher bei anderen Rhizopoden, auch hier mit bestem Erfolge das von F. E. Schulze construirte Horizontalmikroskop benutzt. Dieses Instrument erleichtert auſserordentlich die biologische Erforschung kleiner Organismen, und es nimmt mich Wunder, daſs nur so wenige Forscher dasselbe

benutzt haben. Zum Absuchen von Aquarienwänden ist es mir wegen seiner feinen Einstellung unentbehrlich, aber auch für die Beobachtung von Bewegungen und der gröberen Fortpflanzungsverhältnisse der Rhizopoden sehr geeignet, besonders deshalb, weil man die Thiere unter natürlicheren Lebensbedingungen als auf dem Objectträger, in der feuchten Kammer oder der Uhrschale studiren kann. Natürlich dürfen die letzteren Hülfsmittel auch nicht vernachlässigt werden, um mit stärkeren Vergröfserungen beobachten zu können; doch hat man an den gröberen Untersuchungen eine gute Controle, ob die Thiere bei der Herausnahme aus ihren gewohnten Lebensbedingungen nicht wesentlich alterirt worden sind. Ich habe daher bei meinen Rhizopodenstudien stets beide Beobachtungsmodi combinirt. Zur Betrachtung mit stärkerer Vergröfserung verwendete ich mit Erfolg das von mir (94) beschriebene einfache Mikro-Aquarium, in welchem ich die Rhizopoden wochenlang lebend halten konnte. Vorbedingung für die Zucht aller mariner Rhizopoden in kleinen und kleinsten Behältern ist eine möglichst genaue Regulirung des Salzgehaltes, was leicht durch vorsichtiges Nachfüllen destillirten Wassers erreicht wird, und die Sorge für reichliche Nahrung. *Trichosphaerium* ist in Bezug auf den ersten Punkt weniger gefährlich als andere Rhizopoden, weil es euryhalin ist, dafür ist es aber um so gefräfsiger, und ich mufs daher meine Methoden der Nahrungsversorgung etwas eingehender besprechen. Alle Gefäfse, die ich zur Zucht benutzte, wurden einige Zeit, bevor ich die Rhizopoden hineinsetzte, mit Seewasser gefüllt und die Höhe des Wasserstandes durch einen Diamantstrich an der Glaswand bezeichnet und genau eingehalten; aufserdem wurde eine Anzahl grüner Algen, meist Siphoneen und viele Diatomeen, hineingebracht, die dann allmählich den Boden und die Wände der Gefäfse überzogen. Meist entspann sich ein Kampf zwischen Fäulnifserregern und den grünen Algen, und erst wenn sich derselbe zu Gunsten der letzteren entschieden hatte, wurden die Rhizopoden hineingesetzt. Diese Mafsregel ist von grofser Wichtigkeit, weil bei gleichzeitigem Ansetzen der Nährorganismen und der Rhizopoden letztere gewöhnlich durch Fäulnifs zu Grunde gehen.

Es scheint, als ob die Algen nach einmal bestandenem Kampf mit den Fäulnifserregern widerstandsfähiger werden, denn in einmal ausgefaulten Gläsern habe ich niemals wieder Fäulnifs eintreten sehen. Es ist sehr zweckmäfsig, bei der Untersuchung mariner Rhizopoden stets eine Anzahl derartig gut eingewachsener und mit Nährobjecten reichlich besetzter Gläser

und Uhrschalen vorräthig zu halten, um nöthigenfalls Entwickelungsstadien schnell isoliren zu können.

Um einzelne Individuen oder Fortpflanzungsstadien aus den Gefäfsen herausnehmen zu können, ohne sie, wie es mit einer Pipette oft leicht geschieht, zu zerstören, wurden die Böden der Zuchtgläser mit kleinen Deckglasstücken dicht belegt, die so grofs waren, dafs man sie mit einer feinen Pincette fassen und herausholen konnte. Auf ihnen setzten sich die Rhizopoden dann fest und konnten bequem mit dem Deckglas in andere Gefäfse übertragen oder conservirt werden und zwar in natürlicher Lage. — Deckgläser wurden auch als Sporenfalle benutzt. Zu diesem Zweck wurden sie an Fäden geklebt und so in die Aquarien gehängt, dafs sie senkrecht einige (2–3) Centimeter über dem Boden schwebten. Wenn sich dann auf ihnen nach kurzem Hängen junge Rhizopoden anfanden, konnte man annehmen, dafs sie im freibeweglichen Schwärmsporenstadium hinaufgelangt seien. Um andere Möglichkeiten auszuschliefsen, habe ich zwischen dem Deckglas und der Oberfläche des Wassers noch eine horizontal schwebende gröfsere Glasscheibe an dem Faden befestigt in der Weise, dafs der Faden durch einen Kork gezogen wurde, der in das centrale Loch einer etwa 4^{cm} im Durchmesser grofsen Glasscheibe gesteckt wurde (ich benutzte hierzu die durchlochte Glasscheibe der feuchten Kammer, nach F. E. Schulze's Construction). Hierdurch sollte verhindert werden, dafs die Rhizopoden von der Oberfläche des Wassers auf irgend welche Weise zu dem Deckglas gelangten. Um das letztere aber auch beim Hineinsetzen in das Aquarium nicht mit der Wasseroberfläche in Berührung zu bringen, wurde der ganze Apparat in einen breiten Lampencylinder gebracht, der beim Hineintauchen in das Wasser oben zugehalten und erst unterhalb der Oberfläche geöffnet und entfernt wurde. In derselben Weise wurde beim Herausnehmen der Deckgläser verfahren.

Wo bei der Untersuchung der lebenden Thiere eine starke Quetschung nothwendig war, habe ich auch das Ziegler'sche Durchströmungscompressorium mit Erfolg benutzt.

Zur Conservirung der Trichosphaerien habe ich verschiedene der gebräuchlichen Flüssigkeiten probirt, aber wie bisher bei meinen Rhizopodenstudien auch jetzt gefunden, dafs Sublimatlösungen am vortrefflichsten wirken. Besonders erwies sich eine Mischung von concentrirter wässeriger Sublimatlösung mit absolutem Alkohol im Verhältnifs 2:1 als vorzüglich zur

Fixirung des Plasmas und der Kerne. Häufig wurde noch eine Spur Eisessig hinzugefügt. Doch habe ich auch Kleinenberg's Pikrinschwefelsäure, Flemming's Chromosmiumessigsäure und Herrmann's Platinchlorid-Osmium-Essigsäure häufig angewendet. Letztere Fixirung ergab besonders bei Nachbehandlung mit Holzessig nach von Maehrenthal's Angabe für das Studium der feineren Plasmastructur gute Bilder, doch müssen die Schnitte sehr dünn sein. Ausgewaschen wurde bei Sublimatbehandlung mit 63procentigem Jodalkohol, bei Kleinenberg's Flüssigkeit mit 63procentigem Alkohol in der Wärme, sonst mit Wasser. Um die Trichosphaerien in natürlicher Lage und mit ausgestreckten Pseudopodien abzutödten, benutzte ich auch die von Buetschli angegebene Methode der Fixirung durch Osmiumdämpfe, doch kam ich durch Übergiefsen der Deckglasculturen mit heifsem Sublimatalkohol ebenso weit. Die früheren Beobachter unseres Rhizopoden haben am ganzen Thier die Kerne nicht durch Färbung differenziren können. Auch meine ersten Versuche waren vergeblich; mit Boraxkarmin, Saffranin, Haematoxylin und Brasilin habe ich keine deutliche Kernfärbung erhalten, weil die vielen Inhaltskörper des Plasmas, besonders einzellige Algen, sich ebenso intensiv wie die Kerne färben. Endlich gelang es aber in vorzüglicher Weise mit Grenacher's Alaunkarmin; ich erhielt nach einhalbstündiger Färbung und darauf folgendem mehrstündigen Ausziehen in 43procentigem Alkohol eine reine Färbung der zahlreichen Kerne. Längeres Verweilen der Objecte in der Farbe lieferte schlechtere Resultate, weil dann die vorhin erwähnten Inhaltsgebilde mitgefärbt wurden. Eine noch kürzere Färbungszeit gestattet eine im hiesigen Institut gebräuchliche 43procentige alkoholische Alaunkarminlösung, weil sie schneller eindringt.

Für das Studium des feineren Baus mufs man die Trichosphaerien in Schnittserien zerlegen. Die Einbettung erfolgte anfangs in Uhrschalen, später in meinem Mikro-Aquarium, welches den Vortheil bietet, dafs man sehr viele Exemplare auf engem Raume zusammen einbetten kann. In bequemerer Weise erreiche ich diefs in neuerer Zeit durch Anwendung einer Centrifuge. Mehrere hundert Individuen können zugleich behandelt werden, ohne dafs man Gefahr läuft, bei den verschiedenen Manipulationen, wie Färbung, Alkoholwechsel, Paraffineinbettung, auch nur ein einziges Thier zu verlieren. Nach der Fixirung werden die Thiere in einen kleinen Glascylinder (Praeparatenglas) gebracht, in dem sie weiter behandelt werden; vor jedem Flüssigkeitswechsel wird centrifugirt, wodurch die Thiere auf

dem Boden des Gläschens dicht zusammengedrängt werden. Nachdem sie mit Paraffin durchtränkt sind, läfst man das Gläschen in Wasser schnell erkalten, wodurch sich das erstere von der Glaswand zurückzieht. Durch Zerschlagen des Cylinders erhält man einen schnittfertigen Paraffinblock, in dem die Trichosphaerien so dicht liegen, wie man es ohne Centrifuge nicht erreichen kann.

Das Schneiden der Rhizopoden ist bisweilen, wenn zahlreiche spröde Plasma-Einschlüsse vorhanden sind, recht schwierig. Um sehr dünne (1–2 μ) Schnitte zu erhalten, habe ich dann die von Heider angegebene Methode des Überstreichens des Paraffinblocks mit Mastixcollodiumlösung benutzt.

Bei Schnittfärbung gelingt es leicht, mit Alaunkarmin, Boraxkarmin, Cochenilletinctur, Fuchsin, Safranin, Thionin, Kernschwarz gute Färbungen der Kerne zu erhalten. Eine lange Färbung (24–36 Stunden) mit verdünntem Grenacher'schen Haematoxylin und Ausziehen mit salzsaurem Alkohol habe ich ebenfalls mit Erfolg angewendet. Sehr schöne Bilder lieferte eine Doppelfärbung mit Methylenblau und Brasilin, wobei ich in folgender Weise verfuhr: die auf Wasser gebrachten Schnitte kommen für fünf Minuten in eine wässerige Methylenblaulösung (concentrirt), werden hierauf gut mit Wasser abgespült und auf einen Tag in Brasilin gebracht. (Die Herstellung der von mir benutzten Brasilinlösung ist früher [96] bereits angegeben.) Nachdem sie einige Stunden in 43 procentigem Alkohol ausgewaschen sind, werden sie durch die Alkoholstufen auf Xylol gebracht und in Canadabalsam eingeschlossen. Mit dieser Färbung sind alle Fremdkörper, Faecalien u. s. w. blau, das Plasma rosa und die Kerne leuchtend roth gefärbt. Es scheint, als ob diese Doppelfärbung Ähnliches leistet, wie die von Rhumbler angegebene Methylgrün-Eosinmischung für andere Rhizopoden. Bei *Trichosphaerium* habe ich mit dieser Doppelfärbung keine so guten Resultate gehabt, wie bei anderen Rhizopoden. Endlich habe ich als vorzügliche Kernfärbung bei *Trichosphaerium* auch die Benda-Heidenhain'sche Eisenhaematoxylinfärbung benutzt.

Als Einschlufsmittel wurden aufser Canadabalsam und Dammarharz für bestimmte Zwecke (Studium der Hülle, achromatische Kernsubstanz) auch Glycerin und essigsaures Kali angewendet.

Zum Auffinden bestimmter Entwickelungsstadien auf Deckglasculturen und in Schnittserien ist ein verschiebbarer Objecttisch mit Nonien unentbehrlich. Ich benutzte einen solchen von Seibert.

Zur Untersuchung der feinsten Organisationsverhältnisse stand mir ein Zeiss'scher Apochromat. Ap. 1.30. 2mm Brw. und die Compensationsoculare 4–12. für noch stärkere Vergröfserungen das vorzügliche Seibert'sche apochromatisch-homogene Immersionssystem. Ap. 1.35. Brw. 2mm. nebst den Compensationsocularen 1. 4, 6. 8. 12. 18 zur Verfügung. Als Lichtquelle wurde aufser Tageslicht Gasglühlicht. und für die stärksten Vergröfserungen Zirkonlicht benutzt.

Kurze Übersicht der Organisation und des Zeugungskreises von *Trichosphaerium sieboldi* Schneider.

Trichosphaerium sieboldi ist ein mariner Rhizopode, der im Schlamm und auf Algen in der littoralen Zone weit verbreitet lebt. Er besitzt kugelige oder ganz unregelmäfsige Gestalt und ist nur äufserst langsamer, aber trotzdem bedeutender Formveränderungen fähig. Wie zahlreiche Foraminiferen zeigt auch dieser Organismus die Erscheinung des sogenannten Dimorphismus, d. h. er tritt in zwei Formen auf, die in den meisten Charakteren übereinstimmen, in einigen aber von einander abweichen und besonders einer anderen Art der Fortpflanzung ihren Ursprung verdanken.

Was bei den Foraminiferen wahrscheinlich, indessen noch nicht bewiesen ist, gelang mir hier sicher nachzuweisen, nämlich die Zugehörigkeit beider Formen zu einem Zeugungskreise.

Die beiden Formen übereinstimmend zukommenden Bauverhältnisse sind folgende: 1. Die Kernverhältnisse; beide sind während des vegetativen Lebens vielkernig, der feinere Bau der Kerne stimmt ebenfalls überein; die Kernvermehrung erfolgt durch eine Art primitiver Mitose, und zwar theilen sich stets alle Kerne gleichzeitig, so dafs die Zahl derselben mit einem Male verdoppelt wird. 2. Die Pseudopodien sind lang, dünn, fadenförmig, am Ende abgerundet, sie führen nutirende Bewegungen aus, dienen aber weder zur Locomotion, noch vermitteln sie die Nahrungsaufnahme, sondern scheinen nur als Tastorgane zu functioniren. Die äufserst träge Bewegung der Organismen erfolgt durch langsames Dahinfliefsen der Sarkode, die Nahrungskörper werden durch Umfliefsen aufgenommen.

Der Hauptunterschied der beiden Formen, der sie auch äufserlich leicht kenntlich macht, besteht in den Hüllbildungen. Der Weichkörper ist bei beiden mit einer weichen, gallertigen Hülle allseitig umgeben. Bei der einen ist nun diese Hülle dicht mit kurzen, radiär stehenden Stäbchen aus kohlensaurem Magnesium besetzt (das *Trichosphaerium* der Autoren), während sie

bei der anderen nackt bleibt. Die Hülle ist mit besonders differenzirten, persistenten Öffnungen für den Durchtritt der Pseudopodien versehen, die bei beiden Formen kleine Verschiedenheiten zeigen. Beide Formen können sich während ihres vegetativen Lebens durch einfache Zweitheilung, Knospung oder Zerfall in viele Theilstücke vermehren; doch sind diese Theilstücke stets mehrkernig und weichen in ihrem Bau nicht von dem Mutterthier ab.

Am Ende ihres vegetativen Lebens zerfällt die stäbchenführende Form innerhalb der Hülle in zahlreiche, einkernige Theilstücke, die nach der Zerstörung der Hülle als kleine Amoeben auswandern und sich, ohne Stäbchen zu bilden, zu Individuen der zweiten Form entwickeln. Um der leichteren Darstellung willen belege ich die Formen mit besonderen Namen[1]. Die stäbchenführende Form mag, weil sie durch einfache Zerspaltung ihre Sprößlinge liefert, Schizont, der Vorgang Schizogonie heißen. Die aus den Theilungsproducten sich entwickelnden Individuen bilden am Ende ihres vegetativen Lebens andersartige Fortpflanzungskörper, nämlich mit zwei Geißeln versehene Schwärmer. Wegen dieser Sporulation nenne ich diese Form Sporont, den Vorgang Sporogonie, die Producte Sporen. Weil sie Geißeln besitzen, wird man von Schwärmsporen (im Gegensatz zu Dauersporen) sprechen. Je zwei von verschiedenen Individuen stammende Schwärmsporen können sich durch Copulation vereinigen. Sie entwickeln sich nach Abwerfen der Geißeln und Verschmelzung der beiden Kerne unter Ausbildung einer Stäbchenhülle zu Schizonten. Die copulirenden Schwärmsporen kann man als Gameten bezeichnen.

Das Schema auf Taf. I verdeutlicht leichter als viele Worte den Zeugungskreis von *Trichosphaerium*, der sich durch den Wechsel von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generation als echter Generationswechsel documentirt. In den folgenden Capiteln soll zunächst der Weg, der zu diesem Resultate geführt hat, eingehend geschildert werden, und hieran wird sich eine genaue Darstellung der feineren und feinsten Bauverhältnisse des *Trichosphaerium* schließen.

[1] Die ich einer anregenden Discussion mit Hrn. Geh. Rath F. E. Schulze verdanke.

Der Zeugungskreis von *Trichosphaerium*.

Die Schizonten. Die Form des *Trichosphaerium*, welche den meisten bisherigen Beobachtern allein bekannt war, ist das Schizontenstadium. Dieſs ist nicht wunderbar, weil die anderen Stadien unseres Rhizopoden viel weniger auffallend sind als dieses. Schon mit bloſsem Auge kann man diese verhältniſsmäſsig groſsen Formen (sie können einen Durchmesser von 2^{mm} erreichen) auf Algen oder an der Glaswand des Aquariums erkennen. Bei durchfallendem Licht erscheinen sie sehr dunkel wegen des starken Lichtbrechungsvermögens der Stäbchen, welche sich auf der Gallerthülle befinden, und wegen der zahlreichen dunkeln Einschlüsse des Weichkörpers (Fig. 1 Taf. II). Nur die Pseudopodienöffnungen machen sich als helle Flecke bemerkbar. Bei auffallendem Licht reflectiren die krystallähnlichen Hüllenstäbchen das Licht so stark, daſs die Thiere weiſs erscheinen (Fig. 2 Taf. II) und nur die Pseudopodienöffnungen als schwarze Löcher hervortreten.

Die fadenförmigen Pseudopodien, die nach allen Seiten ausgestreckt werden können, führen fortwährend drehende und tastende Bewegungen aus, niemals aber kann man beobachten, daſs dieselben irgend ein Nahrungsobject festhalten oder dasselbe umflieſsen, wie es bei den meisten Rhizopoden der Fall ist. Vielmehr wenn sie einen Fremdkörper, eine Diatomee oder Fadenalge zufällig berühren, so ziehen sie sich sofort von demselben zurück und setzen ihre Drehbewegung nach anderer Richtung fort.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Amoeben durch Umflieſsen seitens des Weichkörpers. Wenn der Organismus auf seinen Wanderungen auf einen Fremdkörper stöſst, so bleibt der letztere zwischen den Stäbchen an der klebrigen Gallerte der Hüllschicht haften; langsam wälzt sich nun der Weichkörper weiter und drückt so, indem er wie eine zähe Teigkugel darüber flieſst, den Fremdkörper durch die Gallerthülle hindurch in das Plasma hinein. Auf diese Weise kann das Thier selbst sehr groſse Objecte, wie lange Fadenalgen (vergl. Fig. 1 Taf. II), sich einver-

leiben. Die Pseudopodienöffnungen wären viel zu eng, um als Eingangspforte für die Fremdkörper zu dienen, welche man im Innern des Weichkörpers findet, wie schon Gruber richtig erkannt hat. Die hier geschilderte Nahrungsaufnahme haben aber merkwürdiger Weise die Autoren noch nicht gesehen, obwohl sie in meinen Culturen sehr leicht zu beobachten war, weil sie aufserordentlich langsam erfolgt. Auf Siphoneenrasen findet man z. B. kaum ein Individuum, bei dem nicht ein oder zwei Algenfäden zur Hälfte aus dem Weichkörper noch herausragen; beobachtet man nun das Hineinziehen der Fäden, so kann man oft mehrere Stunden warten, bis sie ganz von der Aufsenwelt verschwunden sind. Um ein so kleines Stückchen, wie es in Fig. 1 Taf. II herausragt, ganz hineinzuziehen, braucht das Thier gut eine Stunde. Bei dieser Langsamkeit ist es erklärlich, dafs *Trichosphaerium* meist nur Pflanzen oder festsitzende Thiere frifst. Bewegliche, wie Infusorien, Flagellaten, Copepoden u. s. w., kann es nicht fangen. Doch verschmäht es dieselben nicht, wenn man sie ihm todt vorwirft; so habe ich zu bestimmten Zwecken (vergl. das Capitel über die Excretkörner) Trichosphaerien nur mit zerquetschten Copepoden ernährt, und sie gediehen sehr gut dabei. *Trichosphaerium* scheint demnach alles zu fressen, was ihm in den Weg kommt.

Nachdem wir gesehen, dafs die Pseudopodien nicht bei der Nahrungsaufnahme behülflich sind, wäre es noch möglich, dafs sie zur Locomotion dienen. Diefs ist aber ebenso wenig der Fall, wie man sich leicht durch die Beobachtung überzeugt. Bei der Bewegung drehen sich die sämmtlichen Pseudopodien ungestört weiter, und sie documentirt sich nur durch langsame Gestaltveränderungen des Körpers. Sie erfolgt durch Vorwärtsfliefsen des Plasmas. Aber wenn die Nahrungsaufnahme schon langsam erfolgte, so kann man die Bewegung als Prototyp der Langsamkeit betrachten. Es ist daher schwer, sie mit dem Auge zu verfolgen; leichter gelingt es mit Hülfe des Zeichenprismas, und habe ich nach vielen Messungen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von $10\,\mu$ in der Minute ausgerechnet. Ich kenne keinen Rhizopoden, der ähnlich langsame Bewegungen ausführt. Selbst die ungewöhnlich trägen Labyrinthuleen erreichen eine Durchschnittsgeschwindigkeit von $20\,\mu$ in der Minute.

Diese Trägheit des *Trichosphaerium* ist für das Studium der Lebensgeschichte aufserordentlich günstig, sie ermöglicht es, die verschiedenen Entwickelungsstadien gut im Auge zu behalten, erfordert aber auch gröfsere

Geduld, als es bei anderen Organismen mit lebhafteren Lebensäufserungen nothwendig ist.

Die einzige bisher beobachtete Fortpflanzungsart unseres Organismus ist die Theilung. Schon Schneider (78) und später Gruber (83) haben eine Längsstreckung und Durchschnürung des Thieres beschrieben. Auch in meinen Culturen konnte ich diese Vermehrungsweise häufig beobachten. Die weiche Gallerthülle, die auch sonst allen Gestaltveränderungen des Weichkörpers folgt, wird bei der Theilung des letzteren einfach mit durchgeschnürt. Die beiden Theilstücke sind nicht immer gleich grofs, und lassen sich alle Übergänge bis zur Abschnürung einer winzigen Knospe auffinden. Aber nicht nur in zwei, sondern in drei, vier und mehr Theile kann der Organismus sich zerschnüren. Ein Blick auf die Figuren 2—5 der Tafel II zeigt, wie mannichfaltige Theilungsstadien vorkommen. Da findet sich Durchschnürung in zwei gleiche Theile (Fig. 3 *a*), zwei ungleiche (Fig. 3 a_1), in drei (Fig. 2, 3 *b*, 3 b_1), in vier (Fig. 3 *c*), in fünf (Fig. 3 *d*) und in zahlreiche (Fig. 3 *e*, 4, 5) Stücke.

Vor dem Zerfall in viele Theilstücke wird die Gestalt der Thiere ganz unregelmäfsig, lappig und buckelig (Fig. 4 Taf. II). Die einzelnen Fortsätze strecken sich in die Länge und werden durch ringförmige Einschnürungen in eine Reihe von Segmenten zerlegt, die sich dann allmählich von einander lösen (Fig. 5 Taf. II). Der ganze Theilungsprocefs verläuft aufserordentlich langsam. Einige Beispiele können diefs erläutern. Die Figuren 4 und 5 sind zwei auf einander folgende Stadien desselben Individuums. Die Figur 5 wurde erst am zehnten Tage nach Fig. 4 gezeichnet, und erst nach weiteren sechs Tagen war das Thier in die 26 schon in Fig. 5 erkennbaren Theilstücke zerfallen. Bisweilen geht es etwas schneller, so konnte ich an einem $1^{mm}5$ grofsen Exemplar den Zerfall in 35 Theilstücke innerhalb einer Woche verfolgen. Schon am vierten Tage, nachdem die Gestaltveränderung begonnen hatte, markirten sich die einzelnen Segmente deutlich. Beim Zerfall der letzteren lösen sich nicht alle gleichzeitig von einander; an einzelnen Stellen lösen sich einzelne Theilstücke ab, während an anderen ganze Complexe abgeschnürt werden, die erst später zerfallen, wie diefs auch schon in Fig. 5 zu erkennen ist. Durch diese Art der Vermehrung finden die merkwürdigen Frafsstellen der Trichosphaerien ihre Erklärung. Schon Noll (92) hatte beobachtet, dafs diese Rhizopoden aus dem Algenfilz an der Glaswand der Aquarien kreisförmige Löcher ausfressen, vermochte aber die Er-

scheinung nicht zu erklären. Bei *Calcituba* habe ich ganz Ähnliches (1895) beobachtet und nachgewiesen, dafs es durch den Zerfall eines grofsen, sternförmigen Individuums in viele Tochterthiere, die in radiärer Richtung sich weiter theilen, bedingt ist. Ganz dieselbe Ursache hat die Erscheinung auch hier.[1]

Fig. 6 Taf. II stellt zwei Frafsstellen des *Trichosphaerium* bei ganz geringer Vergröfserung (etwa 2 : 1) dar. In einer kreisförmigen Stelle ist die Glaswand des Aquariums ganz von dem sie bedeckenden Filzwerk von braunen Algen und Diatomeen gesäubert. In der Mitte sitzen nur ganz vereinzelte Trichosphaerien, während sie am Rande dicht gehäuft sind. Ebenso wie bei *Calcituba* kann man die weitere Ausdehnung der Frafsstellen mit Hülfe des Horizontalmikroskops leicht beobachten; auch die erste Entstehung ist nicht schwer zu eruiren. Wenn ein einzelnes Individuum auf eine unversehrte Stelle des Diatomeenrasens gesetzt wird, so verzehrt es zuerst seine Unterlage; hierdurch entsteht ein kleines Loch im Algenfilz. In Folge der guten Ernährung nimmt das Thier Sternform an (wie in Fig. 5 oder links unten Fig. 6 Taf. II), um sich zur Vieltheilung anzuschicken. Schon hierbei wird die Lücke erweitert. Bei der Trennung der Theilstücke von einander finden sie natürlich gute Nahrung nur noch in radiärer Richtung. Sie theilen sich wieder und erweitern auf diese Weise immer mehr den Kreis.

Die Zeit, in welcher ein Kreis, wie er in Fig. 6 Taf. II oben gezeichnet ist, entsteht, beträgt ungefähr zwei bis drei Monate.

Nach dieser kleinen biologischen Abschweifung kehren wir zum Theilungsprocefs zurück. Die vegetativen Thätigkeiten werden bei dieser Art der Fortpflanzung nicht unterbrochen, der Organismus frifst und verdaut ruhig weiter. Auch bei der Untersuchung fixirter und gefärbter Theilungsstadien ergibt sich, dafs im Innern keine Veränderungen gegenüber dem Ruhezustand eingetreten sind. Die Kerne, die stets in grofser Anzahl vorhanden sind, befinden sich im Ruhezustande. Die Kernvermehrung ist ganz unabhängig von der Vermehrung der Individuen durch Theilung, kurz, die Organismen befinden sich im vegetativen Zustande, weshalb ich diese Art der Schizontenvermehrung gegenüber der Schizogonie als vegetative bezeichnen möchte. Bei längerem Leben in der Gefangenschaft scheint diese Art der Vermehrung die einzige Art der Fortpflanzung des *Trichosphaerium* zu

[1] Vielleicht auch bei *Trichoplax adhaerens*. Wie Herr Geh. Rath Prof. Schulze mir mündlich mittheilte, bringt dieser Organismus ähnliche Frafsstellen hervor.

sein. In alten, mehrjährigen Culturen habe ich die Schizogonie und Sporogonie nicht beobachtet. Ob diefs eine Folge der langen Inzucht ist, läfst sich schwer sagen. Im freien Meere habe ich übrigens nur selten Stadien der einfachen vegetativen Vermehrung beobachtet, dort fanden sich meistens nur Stadien der Schizogonie und Sporogonie. Vielleicht ist die überaus häufige vegetative Theilung ein durch die reiche Ernährung in der Gefangenschaft veranlafster, nicht normaler Vorgang, den man als eine Art von Hyperthrophie bezeichnen kann (vergl. das Schema Taf. I).

Wie erwähnt, sind die Schizonten während ihres vegetativen Lebens stets vielkernig (Fig. 1 Taf. IV). Die Vermehrung der Kerne während des Wachsthums der Thiere erfolgt durch Mitose, die später eingehend geschildert werden soll. Stets theilen sich alle Kerne gleichzeitig (Fig. 2 Taf. IV), und wird hierdurch die Zahl derselben natürlich mit einem Male verdoppelt. Diefs Verhalten zeigen die Kerne in allen Entwickelungsstadien des *Trichosphaerium* (vergl. das Schema auf Taf. I) und ist die Art der Kerntheilung stets die gleiche. Genauere Angaben über die Kernverhältnisse werden an anderer Stelle gegeben werden.

Bevor ich zur Besprechung der Schizogonie übergehe, will ich noch kurz erwähnen, dafs die Schizonten bei sehr ungünstigen Lebensbedingungen in den Cystenzustand übergehen können. Mit der Fortpflanzung ist dieser Vorgang nicht in Beziehung zu bringen. Ich habe ihn nur selten beobachtet, in Aquarien scheint er überhaupt nicht vorzukommen, nur im Meere fand ich einige Male die Cysten an Stellen, die bei der Ebbe trocken gelegt waren. Bei der Encystirung werden aus dem Weichkörper alle Fremdkörper herausbefördert. Das Plasma contrahirt sich zu einem Klümpchen, das innerhalb der Gallerthülle sich mit einer dünnen Cystenhaut umgibt. Mit der Verdichtung des Weichkörpers geht das Auftreten zahlreicher, stark lichtbrechender Körnchen im Plasma Hand in Hand. Bei der fertigen Cyste erfüllen sie das Plasma vollständig (Fig. 9 Taf. IV). Sie dürften als dotterartige Reservestoffe gedeutet werden, wie sie sich bei der Encystirung der Protozoen fast stets finden. Die Kerne sind ebenso wie das Plasma sehr compact und stark färbbar (Fig. 9, 10 Taf. IV). Leider standen mir nur wenige Cysten zur Verfügung, und konnte ich daher keine ausgedehnteren Beobachtungen über dieselben machen. Ich brachte zwei Cysten isolirt in eine Krystallisirschale mit reinem Meerwasser. Aus der einen hatte sich nach fünf Tagen ein gewöhnlicher, normaler Schizont entwickelt, der die

Gallerthülle wieder vollständig ausfüllte. Statt der sonst reichlich vorhandenen Inhaltsgebilde des Weichkörpers war derselbe mit grofsen Flüssigkeitsvacuolen durchsetzt. Die andere Cyste entwickelte sich nicht, sondern gieng schliefslich zu Grunde. Meine Versuche, durch Verdunstenlassen des Meerwassers die Trichosphaerien in den Aquarien zur Encystirung zu zwingen, gelangen nicht. Die Thiere vertragen eine aufserordentliche Steigerung des Salzgehaltes; selbst wenn bis zu einem Viertel die Flüssigkeit in den Culturgefäfsen verdunstet war, lebten die meisten Individuen noch, beim weiteren Verdunsten giengen aber schliefslich stets alle zu Grunde, anstatt sich zu encystiren.

2. Die Schizogonie. Gruber (83) beschreibt am Schlusse seiner *Trichosphaerium*-Arbeit einen Rhizopoden, der in allen Punkten mit *Trichosphaerium* übereinstimmt; nur der Umstand, dafs die Stäbchen auf der Hülle fehlen, läfst ihn von diesem unterscheiden. Er fand diesen Organismus in seinen Aquarien mit den gewöhnlichen Trichosphaerien vermischt vor und sprach bereits die Vermuthung aus, dafs es nur ein anderer Zustand von *Trichosphaerium* wäre.

Auch in meinen Culturgläsern fanden sich stets stäbchenlose Individuen in beträchtlicher Anzahl neben den stäbchenführenden vor. Bald überwog die eine, bald die andere Art an Zahl. Um nun den Zusammenhang der beiden Formen kennen zu lernen, fieng ich zuerst die stäbchenbesetzten Individuen in grofsen Mengen aus den Aquarien heraus und isolirte sie in einer an Nahrung reichen Glasschale; schon nach zwei Wochen konnte ich die nackten Formen auftreten sehen. Um die Thiere unter den Augen zu behalten, isolirte ich wenige stäbchenführende in einem gut mit Diatomeen besetzten Mikro-Aquarium und controlirte nun die an Zahl bekannten Individuen täglich. Da fand ich eines Tages zu meiner grofsen Überraschung an der Stelle, wo Tags zuvor ein Individuum noch gesessen hatte, einen grofsen Haufen winziger, kugeliger Amoeben, die zum Theil schon Pseudopodien ausstreckten, die vollständig den Charakter der *Trichosphaerium*-Scheinfüfschen besafsen. Nach kurzer Zeit konnte man auch auf der Oberfläche des Weichkörpers eine feine Hülle unterscheiden, kurz, es war klar, dafs es die jüngsten Stadien der stäbchenlosen Form waren. Lange Zeit habe ich mich aber vergeblich bemüht, die Schizogonie direct zu beobachten, bis ich auf den Gedanken kam, die Thiere auch Nachts zu untersuchen. Und in der That stellte es sich heraus, dafs diese Art der Fort-

pflanzung, wie die Vermehrung verschiedener anderer von mir untersuchter Protozoen, nur während der Nacht stattfindet. Seit dieser Entdeckung habe ich dann den ganzen Theilungsvorgang wiederholt beobachten können. Er begann gewöhnlich erst gegen Mitternacht, bisweilen noch später; vom Eintritt der Dunkelheit bis zu dieser Zeit finden die Vorbereitungen zur Theilung statt. Die letzteren bestehen in einer Reinigung des Plasmas von allen Fremdkörpern. Kernveränderungen finden nicht statt; das Plasma selbst wird gröber vacuolisirt, als während des vegetativen Zustands. Das vielkernige Individuum zerfällt in so viele kugelige Theilstücke, als Kerne vorhanden sind; jedes Tochterthier ist also einkernig, wie man auf dem in Fig. 9 Taf. II gezeichneten Schnitt durch einen in Schizogonie begriffenen Schizonten erkennt. Der Vorgang erinnert sehr an die sogenannte Embryonenbildung, welche ich (1893 u. s. w.) bei Foraminiferen beobachtet habe, doch ist es schwierig, den Beginn der Theilung, die aufserordentlich langsam vor sich geht, zu beschreiben. Der Procefs spielt sich nicht etwa nach Art der Furchung ab, indem der Weichkörper erst in zwei, dann in vier u. s. w. Theilstücke zerfällt. Ganz unmerklich wird der Weichkörper unter der Gallerthülle buckelig und höckerig. Die letztere wird offenbar am Ende des vegetativen Lebens zäher und folgt nicht mehr den Gestaltveränderungen des Plasmas. Die einzelnen Plasmabuckel erheben sich immer mehr, und schliefslich löst sich bald hier, bald da einer von dem benachbarten als Kugel ab, bis der ganze Inhalt der Hülle in die kugeligen Sporogone aufgetheilt ist; ein Rest bleibt nicht übrig. Ebenso langsam, wie sich der Weichkörper gespalten hat, trennen sich auch die jungen Spröfslinge von einander. Fig. 7 und 8 Taf. II stellen zwei ohne weiteres verständliche Stadien der Auswanderung der Sporogone dar. Die Gallerthülle der Mutter wird hierbei vollständig zerstört, weil sie nach allen Richtungen zugleich aus einander gehen; die Stäbchen der Hülle werden, zu kleineren und gröfseren Packeten verklebt, überall hin verstreut. Die jungen Sporogone bilden gleich nach dem Auswandern die charakteristischen, tastenden Pseudopodien und scheiden nach kurzer Zeit eine zarte Gallerthülle ab, die von den Scheinfüfschen anfangs einfach durchbrochen wird; erst später beim weiteren Wachsthum werden persistirende Öffnungen in der Hülle differencirt. Die mehrere Tage einkernigen Sporogone entwickeln sich somit zu Sporonten, indem sich der Kern erst in zwei, dann die beiden Tochterkerne gleichzeitig wieder in je zwei theilen u. s. w. Bei diesen jungen

Sporonten kann man die Kerne recht gut im Leben erkennen, wie z. B. Fig. 10 Taf. II (ein achtkerniges Individuum) demonstriren kann. Fig. 11 zeigt schon einen fertigen Sporonten mit dunkeln Inhaltsgebilden (Sterkomen). Stäbchenführende Formen bilden also durch Schizogonie die stäbchenlosen, welche ich, solange sie noch einkernig sind, Sporogone, vom Moment der Kernvermehrung ab Sporonten genannt habe.

3. Die Sporonten. Bezüglich dieser Formen kann ich mich kurz fassen. In der Ernährung, Bewegung und den Kernverhältnissen stimmen sie vollkommen mit den Schizonten überein. In derselben Weise kann auch hier während der vegetativen Periode durch Einschiebung der reproductiven Thätigkeit die Zahl der Individuen vermehrt werden. Die Zwei- und Viel-theilung dieser vegetativen Vermehrung unterscheidet sich nicht von den vorher geschilderten Vorgängen bei der entsprechenden »Vervielfältigung« der Schizonten. Wie wir bei den Schizonten gesehen haben, können dieselben sich encystiren. Bei den Sporonten habe ich diefs nie gefunden. Dafür besitzen sie aber eine andere Fähigkeit, welche die Schizonten nicht aufweisen, sie können sich nämlich zu grofsen Verschmelzungsproducten plastogamisch vereinigen. Bis zu zehn Individuen habe ich so vereinigt gesehen, und können diese Syncytien eine Ausdehnung von $\frac{1}{2}^{cm}$ erreichen. Fig. 2 Taf. III zeigt eine solche Gruppe plastogamisch verbundener Individuen: bei einigen derselben sind die trennenden Gallerthüllen noch erhalten, bei anderen communicirt schon das Plasma mit dem des benachbarten, nachdem die Gallerthülle an der Berührungsstelle gelöst ist: unten links macht sich zwischen zwei Thieren noch eine feine Grenzlinie bemerkbar, während die Hülle bereits verschwunden ist. Das Plasma bleibt innerhalb der Syncytien individuell gesondert und wird nicht durch Strömungen in dem Verbande durch einander gerührt. Hiervon kann man sich leicht durch die Conservirung und Färbung der Thiere überzeugen. Man bemerkt dann, dafs die äufserlich nicht mehr zu sondernden Individuen durch ihre Kernverhältnisse scharf zu trennen sind. In einem Individuum sind stets alle Kerne im gleichen Stadium, und kann man durch Auffindung verschiedener Stadien die Grenze zwischen zwei Individuen recht scharf ziehen, besonders leicht, wenn eines der verschmolzenen Thiere in Kernvermehrung begriffen ist, während das benachbarte ruhende Kerne besitzt, wie Fig. 2 Taf. V es ohne weiteres zeigt. In dem unteren Individuum sind alle Kerne im Stadium der Aequatorialplatte.

4. Die Sporogonie. Die Beobachtung der Sporenbildung bot nach meinen Erfahrungen an *Hyalopus* und den Foraminiferen keine grofsen Schwierigkeiten, am leichtesten und häufigsten habe ich sie im Mikro-Aquarium beobachten können, sie findet in beliebiger Tages- oder Nachtzeit im Gegensatz zur Schizogonie statt. Die ersten Anzeichen, dafs ein Sporont sich zur Sporenbildung anschickt, äufsern sich in der Einziehung der Pseudopodien und in einer Reinigung des Plasmas von allen Fremdkörpern. Während dieses Processes wird der Weichkörper allmählich immer gröber vacuolisirt und treten in ihm kleine, stark lichtbrechende Körnchen in grofser Menge auf. Auf diesem Stadium befindet sich der in Fig. 3 Taf. III abgebildete Sporont. Durch Conservirung solcher Stadien überzeugt man sich, dafs eine lebhafte Vermehrung der Kerne stattfindet, die hierbei immer kleiner werden (Fig. 3 Taf. V) und schliefslich in ungemein grofser Zahl den Weichkörper erfüllen. Wie Fig. 4 Taf. V, welche ein Individuum unmittelbar vor der Sporulation zeigt, lehrt, sind die Kerne in einschichtiger Lage um die einzelnen Vacuolen radiär angeordnet, ein aufserordentlich merkwürdiges Bild für ein Protozoon, es erinnert lebhaft an manche Metazoengewebe. Der ganze Weichkörper zerfällt nun in zahlreiche gröfsere Kugeln, die dann erst in die Sporen sich auflösen (Fig. 4 Taf. III), welche, mit zwei Geifseln versehen, lebhafte drehende und kugelnde, ziemlich ungeschickte Bewegungen ausführen und schliefslich nach Durchbruch der Gallerthülle ausschwärmen (Fig. 5 Taf. III). Wie die genauere Untersuchung lehrt, sind die kugeligen Körper, in welche der Weichkörper zunächst zerfällt, blastulaähnliche Hohlkugeln (Fig. 5 Taf. V). Die Entstehung der Kugeln aus dem in Fig. 4 Taf. V gezeichneten Stadium ist ohne weiteres verständlich. Die Geifseln der Sporen werden innerhalb der Hohlkugeln gebildet (Fig. 5 Taf. V); durch ihre lebhaften Bewegungen werden die einzelnen die Wand bildenden Sporogone schliefslich aus einander getrieben.

Die fertigen Schwärmsporen (Fig. 6 Taf. III und Taf. V) besitzen kugelige oder ovale Gestalt und sind ziemlich grofs (bis 8 μ Durchmesser). Das ziemlich stark lichtbrechende Plasma enthält den Kern, eine Anzahl glänzender Körnchen und stets eine gröfsere Vacuole, an der aber keine Pulsationen wahrzunehmen sind. An dem bei der Bewegung nach hinten gerichteten Ende, das häufig in eine kleine Spitze ausgezogen ist, befinden sich zwei gleich lange Geifseln. Die ganze Gestalt und auch der Bau der Spore erinnert sehr an die Schwärmer, welche ich bei *Hyalopus* beobachtet habe.

Die Schwärmsporen verschiedener Sporonten zeigten niemals besondere Verschiedenheit in der Gröfse oder im Bau der Kerne, es werden bei *Trichosphaerium* nur Isosporen gebildet. Die Sporen, die nicht zur Copulation gelangen, gehen bald zu Grunde, was meistens der Fall ist, weil niemals die aus demselben Individuum stammenden Sporen copuliren und man zwei gleichzeitig sporulirende Sporonten selten dicht neben einander findet.

5. Die Copulation. Dafs die Schizonten aus den Sporen entstünden, war mir schon am Anfang meiner hierauf bezüglichen Beobachtungen wahrscheinlich, weil ich junge Schizonten auf der Deckglas-Sporenfalle, die ich früher (S. 9) beschrieben habe, fand. Doch gelang es mir nur durch einen glücklichen Zufall, die zwischen diesen beiden Stadien sich abspielenden Vorgänge kennen zu lernen.

In einem meiner Culturgefäfse befanden sich zahlreiche grofse Siphoneen. Mit Vorliebe frafsen sich die Trichosphaerien in das Innere dieser Pflanzenschläuche hinein und vermehrten sich sehr lebhaft unter den günstigsten Lebensbedingungen, so dafs sie zu einer epidemischen Krankheit wurden, an der die Siphoneen schliefslich sämmtlich zu Grunde giengen. Für die Beobachtung waren diese mit Trichosphaerien erfüllten Algenschläuche sehr günstige Objecte, gewissermafsen natürliche Mikro-Aquarien.

Durch Zufall fanden sich nun in einem dieser Schläuche, gerade während der Untersuchung, zwei dicht bei einander liegende Sporonten zugleich in den Vorbereitungsstadien zur Sporogonie, und konnte ich bei denselben sehr leicht die Copulation der Schwärmer und die Weiterentwickelung der Copulae direct verfolgen. Diefs gelang mir auf ähnliche Weise noch öfters, und konnte ich auch die einzelnen Stadien conserviren. Der ganze Procefs von dem Beginn der Verschmelzung bis zur vollendeten Karyogamie dauert ungefähr sechs Stunden. Nach weiteren zwölf Stunden beginnt bereits die Ausbildung der Schizontenhülle.

Fig. 7–12 Taf. III zeigt die Stadien der Copulation nach dem Leben, Fig. 7–9 Taf. V nach Praeparaten.

Die Schwärmsporen verschmelzen mit den Vorderenden, wobei dieselben bei Annäherung der beiden Schwärmer häufig in Spitzen ausgezogen sind (Fig. 7 Taf. III und V). Interessant zu beobachten ist es häufig, dafs die Sporen vor dem Verschmelzen gewissermafsen mit einander zu spielen scheinen; sie nähern sich, stofsen an einander, stofsen sich wieder ab, drehen sich mehrmals um einander, um dann erst zusammenzukleben. In

anderen Fällen konnte ich allerdings auch beobachten, dafs zwei Sporen von entgegengesetzten Seiten mit beschleunigter Geschwindigkeit direct auf einander zu kugelten und sofort verklebt waren. Nachdem die vereinigten Sporen kurze Zeit ungeschickt umhergerollt sind, werden die schlängelnden Bewegungen ihrer Geifseln langsamer, bis dieselben plötzlich abgebrochen werden; fast gleichzeitig lösen sich alle vier Geifseln von der Copula, führen noch einige Bewegungen aus und zerfallen dann in eine Körnchenreihe. In der Copula sind die Kerne auch im Leben recht gut zu erkennen. Dieselben nähern sich beim weiteren Fortschreiten der Verschmelzung, legen sich schliefslich an einander und verschmelzen vollständig (Fig. 10–12 Taf. III, Fig. 8–9 Taf. V). Irgend eine Andeutung, dafs auf diesen Stadien eine Reduction des Chromatins durch Ausstofsung von Reductionskörpern, wie bei den Heliozoen, stattfindet, konnte ich nicht bemerken. Da man die Kerne sehr deutlich auch am lebenden Thier sieht, kann nicht gut ein derartiger Vorgang der Beobachtung entgangen sein. Obwohl ich selbst davon überzeugt bin, dafs auf irgend einem Stadium der Entwickelung eine Chromatinreduction stattfinden wird, konnte ich leider trotz sorgfältiger Untersuchung niemals auch nur irgend eine Kernveränderung entdecken, welche eine Andeutung für eine Reductionstheilung des Kerns bieten konnte. Der Durchmesser der Copula wird durch Aufnahme von Flüssigkeit sehr vergröfsert (Fig. 9–12).

Die Weiterentwickelung der Copula zum ausgebildeten Schizonten ist nun sehr einfach. Die Kernvermehrung findet in derselben Weise wie bei den jungen Sporonten statt (Fig. 10, 11 Taf. V). Die anfangs durchsichtige Gallerthülle wird schnell trübe und erscheint bei auffallendem Licht weifslich. Es treten in ihr zahlreiche glänzende Körnchen auf (Fig. 14 Taf. III), die sich in radiären Reihen anordnen (Fig. 15 Taf. III) und beim Dickerwerden der Gallerthülle zu den typischen Hüllstäbchen der Schizonten verschmelzen. Hiermit sind wir beim Ausgangspunkt unserer Betrachtungen angelangt und ist der Zeugungskreis geschlossen. An Stelle einer Zusammenfassung desselben in wenige Worte, kann ein Blick auf Tafel I denselben besser recapituliren. — Im Vorhergehenden sind die Organisationseigenthümlichkeiten unseres Rhizopoden nur beiläufig erwähnt, soweit sie für die Entwickelung charakteristisch waren, im Folgenden sollen dieselben eingehender besprochen werden.

Der feinere Bau von *Trichosphaerium.*

I. Die Hülle.

Während des gröfsten Theiles seines Lebens ist *Trichosphaerium*, wie wir gesehen haben, mit einer Hülle allseitig umgeben. Die Verschiedenheiten, welche dieselbe in den einzelnen Entwickelungsstadien aufweist, sind bereits bei Schilderung des Zeugungskreises besprochen worden. Der auffallendste Unterschied zeigte sich bei den Schizonten und Sporonten. Während bei letzteren die Hülle eine einfache, doppeltconturirte Gallertschicht darstellt, sind bei ersteren der Oberfläche der Gallerte zahlreiche Stäbchen einer andersartigen Substanz eingepflanzt. Sieht man von den letzteren ab, so zeigen sich bezüglich der Natur der gallertigen Hüllschicht keine Unterschiede bei den Sporonten und Schizonten; sie kann daher hier für beide Stadien gemeinsam besprochen werden, während die Stäbchen in einem besonderen Abschnitt eingehend geschildert werden sollen.

An unversehrten Thieren beobachtet man, dafs die Hülle überall dem Weichkörper dicht aufliegt und bei seinen Bewegungen folgt. Alle Buckel und Falten markiren sich auch an der Hülle; hieraus folgt, dafs dieselbe nicht fest sein kann, sondern weich und biegsam, was auch daraus hervorgeht, dafs dieselbe bei der Theilung der Thiere mit durchgeschnürt wird und dafs bei der Nahrungsaufnahme die Nährsubstrate durch die Hülle hindurchpassiren, ohne dafs sie an der betreffenden Stelle eine besondere praeformirte Öffnung aufweist. Sie besitzt demnach gallertige Consistenz, wie diefs ja von den Hüllbildungen verschiedener Rhizopoden bereits bekannt ist. So will ich nur erwähnen, dafs nach Greeff bei *Amphizonella* die Hülle von den austretenden Pseudopodien an beliebiger Stelle durchbrochen wird, was ich (93) auch bei der Foraminifere *Myxotheca* constatiren konnte.

Dafs die Hüllschicht von *Trichosphaerium* nicht etwa blofs einen Theil des Plasmas darstellt, wie Gruber (83) anzunehmen scheint, sondern eine besondere Differenzirung ist, kann man leicht nachweisen. Wenn man näm-

lich ein *Trichosphaerium* (Schizont oder Sporont) mit Säure (Salzsäure, Chromsäure oder Essigsäure) behandelt, so quillt das Protoplasma stark. Die Substanzen desselben, die coagulirt werden oder unverändert bleiben, rücken nach dem Centrum der Zelle, während die gelösten als breite Flüssigkeitsschicht sich im peripheren Theil derselben ansammeln. Die Hülle hingegen bleibt als deutlich doppeltconturirte Membran auf der Oberfläche erhalten und legt sich, wenn die Flüssigkeit aus der Zelle allmählich diffundirt, in zahlreiche Falten.

Im Leben erscheint die Hülle sehr schwach lichtbrechend, und ist es daher bisweilen nicht ganz leicht, ihre Conturen auf der Aufsenseite zu verfolgen. Sehr deutlich tritt sie aber nach der Fixirung der Thiere hervor. Sie ist meist ganz farblos und wasserhell, und läfst sich eine feinere Structur an ihr nicht nachweisen. Eine concentrische Schichtung, wie ich (93) sie bei der Gallerthülle der *Myxotheca* bisweilen beobachtete, konnte ich nie bei *Trichosphaerium* finden. — Die Dicke der Hülle ist sehr verschieden, doch ist sie im allgemeinen bei den Sporonten dünner als bei den Schizonten, obwohl es auch hiervon Ausnahmen gibt. — Wenn man bei den Schizonten an gehärteten Exemplaren die Stäbchen mit Säure entfernt, so bleibt die Gallerthülle als schwach lichtbrechende Membran zurück; während ihre Conturen nach dem Weichkörper zu glatt sind, erscheint die äufsere Oberfläche wie mit Fransen besetzt. Diefs rührt daher, dafs die Stäbchen mit ihren Enden eine Strecke weit in die Gallerte eingesenkt sind; war nun die letztere gehärtet und wurden dann die Stäbchen entfernt, so bleiben die dickeren Gallertmassen, die sich zwischen den Stäbchen befanden, als Pfeiler oder regelmäfsige Fortsätze zurück, während die dünneren Partien bei der Auflösung der Stäbchen zu Grunde gehen (Fig. 2, 3 Taf. IV). Davon, dafs die Stäbchen nicht der äufseren Oberfläche der Hülle aufsitzen, sondern in dieselbe eingesenkt sind, überzeugt man sich auch leicht an Schnitten. Doch zeigt es sich dann auch, wie aufserordentlich variabel nicht nur die Dicke der Gallertschicht, sondern auch der Grad der Einsenkung der Stäbchen ist. Im allgemeinen scheinen nach zahlreichen Messungen die Stäbchen bei dickeren Hüllen tiefer eingesenkt zu sein als bei dünnen.

Die dickste Hülle, welche ich bei Schizonten beobachtet habe, mafs 23 μ, bei Sporonten nur 16 μ; die dünnste bei Schizonten 4 μ, bei Sporonten 1–2 μ. Zwischen diesen Extremen finden sich alle Übergänge. Natürlich

handelt es sich hierbei immer nur um ausgebildete vegetative Stadien, nicht um Entwickelungszustände.

Das Verhalten der Gallerthülle gegen Farbstoffe ist sehr verschieden. Am stärksten läfst sie sich mit Eosin tingiren. Bei Doppelfärbung mit Eosin-Haematoxylin erscheint sie meist lebhaft roth. Gegen Haematoxylin allein verhalten sich die Hüllen sehr verschieden, doch sind dieselben bei jüngeren Individuen leichter zu färben, als bei alten. Aufserdem scheint auch ein Unterschied nach dem Grad der Dicke vorzuliegen; nämlich dickere Hüllen sind im allgemeinen leichter färbbar als dünne, was vielleicht ebenso wie bei den jungen Individuen durch einen gröfseren Gehalt an protoplasmatischen Stoffen bedingt ist. Frisch vom Plasma gebildete Hüllen sind noch succulenter und reicher an färbbaren Eiweifsstoffen als alte, und da die dickeren Hüllen im Alter dünner werden, wie bereits früher erwähnt wurde, scheint sich hieraus die stärkere Färbbarkeit der ersteren zu erklären.

Behandelt man die Thiere nach Vorfärbung mit Haematoxylin mit Pikrinsäure, so färbt sich die Hülle stark gelb, während das Plasma den blauen Ton beibehält; ebenso wird mit Pikrokarmin die Gallerte gelblich tingirt.

Im Biondi'schen Gemisch wird die Hülle bläulichgrün (Methylgrün), während das Plasma roth gefärbt erscheint.

Bei meiner Doppelfärbung (Methylenblau-Brasilin) wird das Plasma roth, die Hülle blau.

Mit Orcein, einem in der pathologischen Histologie gebräuchlichen Farbstoff, der als Reagens für gallertige Colloidsubstanzen angewandt wird, blieb die Hülle meist ganz farblos.

Über die chemische Natur der Gallerthülle kann ich nur wenige Mittheilungen machen, und zeigt sich hierbei auch eine gewisse Variabilität, die wahrscheinlich dadurch bedingt ist, dafs die Hülle in verschiedenen Stadien verschieden reich an protoplasmatischen Bestandtheilen ist.

Im allgemeinen sind junge und eben abgeschiedene Hüllen noch leichter lösbar in Säuren und Alkalien als alte. Die nachfolgenden Angaben gelten daher nur für vollkommen ausgebildete Hüllen erwachsener Individuen. In schwacher oder concentrirter Essigsäure bemerkt man keine Veränderung der Hülle. (Nur die jungen Hüllen der Schizogone und Sporogone quellen stark und lösen sich dann auf.)

In kalter, concentrirter H_2SO_4 löst sich die Hülle erst nach mehreren Stunden, etwas schneller, wenn die Säure sich in Paraffinofenwärme befindet. Schnell erfolgt die Auflösung in kochender Schwefel- sowie Salzsäure.

Stark verdünnte Kalilauge macht keine merkbare Veränderung an der Hülle. Erst in stark concentrirter Kalilauge wurde dieselbe allmählich gelöst, in der Wärme schneller. Durch die Löslichkeit in KHO unterscheidet sich die Gallerthülle von *Trichosphaerium* von der, welche ich (93) bei *Myxotheca* beschrieben habe. Es scheint demnach nicht eine chitinähnliche, sondern eine dem Hornstoff nahestehende Substanz zu sein, welche die gallertige Hüllschicht von *Trichosphaerium* bildet. Und jedenfalls ist dieselbe reichlich mit Eiweifsstoffen durchtränkt, worauf aufser ihrer weichen Consistenz auch das Verhalten gegen Farbstoffe hinweist.

a. Die Pseudopodienöffnungen der Hülle.

Schneider (78) und Gruber (83) haben schon erkannt, dafs die Hüllen von *Trichosphaerium* persistente Öffnungen für den Durchtritt der Pseudopodien besitzen, doch haben sie dieselben nicht eingehender untersucht. Die beste Schilderung derselben gibt von den bisherigen Beobachtern des *Trichosphaerium* Möbius (89). »Die Hautschicht .. (unsere Hülle) .. zeigt doppelte Begrenzung und sendet röhrenförmige Fortsätze nach aufsen, welche sich mitten in ihrer Länge so verengen, dafs sie sowohl innen wie aufsen trichterförmig erweitert erscheinen. Die Verengung erscheint als ein kleiner Porus in der Mitte des gröfseren, wenn man die Hülle von oben betrachtet.«

Wenn man zahlreiche verschiedene Individuen von *Trichosphaerium* untersucht, überzeugt man sich bald, dafs die Pseudopodienöffnungen ebenso variable Bildungen sind, wie die Hülle selbst.

Im einfachsten Fall sind es nur kreisrunde Durchbrechungen der Hülle ohne besondere Differenzirung. Bei ganz jungen Schizonten und Sporonten, deren Gallerthülle eben erst abgeschieden ist, konnte ich überhaupt keine persistirenden Öffnungen beobachten, vielmehr durchbrachen die Pseudopodien einfach die Hülle, die sich, wenn die ersteren zurückgezogen wurden, wieder schlofs.

Beim weiteren Wachsthum werden dann besonders differenzirte Mündungen gebildet, indem sich der Rand der Poren verdickt. Die Substanz der Hülle nimmt hier eine andere Beschaffenheit an, indem sie stärker licht-

brechend wird und meist etwas gelbliche Färbung erhält. Ein solcher Porus mit einfacher Randverdickung ist in Fig. 4 Taf. IV abgebildet. Bei der Betrachtung von oben erscheint er als stark lichtbrechender Ring (Fig. 5 Taf. IV), der die Öffnung umschliefst. Eine weitere Differenzirung besteht darin, dafs die verdickten Ränder zitzenartig vorgezogen werden. Auf diesem Stadium bleiben die Mündungen fast stets bei den Sporonten (vergl. die Figuren der Tafel II), während sie bei den Schizonten häufig eine noch weitere Complication durch Ausstülpung des Mündungsrandes erreichen. Aufserdem weichen bei dieser Generation die Öffnungen dadurch ab, dafs ihre Ränder aus einer anderen Substanz gebildet sind, welche sich mit Haematoxylin stark färbt. Besser als eine lange Beschreibung kann ein Blick auf Fig. 6 Taf. IV die Beschaffenheit dieser Poren erläutern. Dieselbe stellt einen Längsschnitt durch eine Schizontenmündung dar. Die mit Haematoxylin färbbare Substanz ist stets scharf gegen die ungefärbte abgesetzt.

Häufig sind die verdickten, vorgestülpten Ränder auf ihrer äufseren Oberfläche mit regelmäfsigen Falten oder besser Einziehungen versehen, wie Fig. 7 Taf. IV es zeigt. Bei der Betrachtung von der Oberfläche erscheint eine solche Mündung von stark gefärbten concentrischen Ringen umgeben (Fig. 8). Wenn die Pseudopodien nicht ausgestreckt sind, liegen die Mündungsränder stets dicht an einander, und kann man beobachten, dafs, wenn die ausgestreckten Pseudopodien eingezogen werden, die vorher klaffende Mündung sich sofort schliefst. Diese Beobachtungen machen es wahrscheinlich, dafs die starke Verdickung und Differenzirung der Mündungsränder im wesentlichen dazu dient, einen elastischen, automatisch wirkenden Verschlufsapparat herzustellen, welcher die Mündung nach Rückflufs des Pseudopodienplasmas sofort verschliefst. — Einen ähnlichen Mündungsapparat habe ich bisher bei Rhizopoden noch nicht beschrieben gefunden. Eine besondere Differenzirung der Mündung hat aber Bütschli (92) auch bei *Hyalopus* beobachtet, und kann ich seine Angaben vollkommen bestätigen. Er sagt: »Bei dieser Form nimmt die Mündungsregion eine etwas verschiedene Beschaffenheit an, je nachdem das Plasma reichlich aus der Mündung hervortritt oder sich ganz in die Schale zurückgezogen hat. Im ersteren Fall springt sie zitzenartig vor, im anderen hingegen, wo auch die Mündung gewöhnlich sehr verengt bis nahezu geschlossen erscheint, ist der zitzenartige Vorsprung ganz niedrig und abgeflacht. Die ziemlich dicke Schalenhaut erscheint auf dem optischen Längsschnitt fein radiär gestreift. Am

vorderen Pol, gegen die Mündung zu, wird sie allmählich stärker, um an der Mündung selbst eine beträchtliche Dicke zu erreichen. Bis in eine gewisse Entfernung von der Mündung bewahrt die Schale die radiär gestreifte Beschaffenheit auf dem Durchschnitt. Der dickste Theil ihrer Mündungspartie ist dagegen anders beschaffen; er erscheint auf dem Durchschnitt fein granulirt und setzt sich mit scharfer, meist etwas geschwungener Linie gegen den angrenzenden gestreiften Theil ab.« Diese Differenzirung ist mit der blau färbbaren Partie im Mündungsrand des *Trichosphaerium* zu vergleichen. In ähnlicher Weise wie hier, wird auch bei *Hyalopus* die Mündungszitze von dem granulirten Theil und dem anschliefsenden dicken, gestreiften Theil der Schale gebildet, welche beim Andrängen des Plasmas und bei der Erweiterung der Mündung emporgehoben und aus einander getrieben werden. Diese besondere Beschaffenheit der Mündung scheint auch nach Bütschli (92) hauptsächlich zum selbstthätigen Verschlufs der Mündung nach dem Einziehen der Pseudopodien zu dienen. — Schon an anderer Stelle habe ich erwähnt, dafs Nahrungsmittel nicht durch die Pseudopodienöffnungen, sondern durch die Hülle hindurch aufgenommen werden. Die besondere, hier geschilderte Beschaffenheit dieser Bildungen macht diefs ohne weiteres verständlich.

b. Die Stäbchen der Hülle bei den Schizonten.

Das Hauptmerkmal der Schizonten ist der Besitz von kleinen Stäbchen oder Borsten auf der Oberfläche der Gallerthülle. Sie verleihen den Thieren bei durchfallendem Licht ein sehr dunkles Aussehen, während bei auffallendem Licht die Organismen weifs erscheinen und daher auch mit blofsem Auge leicht von den Sporonten zu unterscheiden sind.

Dafs die Stäbchen nicht der Oberfläche des Plasmas direct eingepflanzt sind, sondern einer besonderen Hüllschicht, einer »Haut«, aufsitzen, hatte schon Schneider (78) erkannt, und alle bisherigen Beobachter haben diefs bestätigt. In welcher Art sie aber dort befestigt sind, hat bisher Keiner eruirt. Schneider hielt sie, wenn ich seine Angaben richtig verstehe, wohl für directe Fortsätze der »Haut« und nannte sie Borsten.

Dafs diese Bildungen nicht etwa vom Thier angesammelte und zusammengefügte Fremdkörper, sondern vom Weichkörper producirt sind, haben alle Beobachter übereinstimmend angenommen.

Bei unversehrten, vollständig ausgebildeten Individuen stehen die Stäbchen dicht neben einander, ungefähr senkrecht zur Oberfläche. Bei mittlerer Vergröfserung erscheinen sie alle gerade, annähernd gleich lang und dick. Verwendet man starke Vergröfserungen, so zeigt es sich aber, dafs sie etwas variabel sind. Nicht nur bei verschiedenen, sondern auch bei demselben Individuum ist ihre Länge und Dicke nicht constant, so dafs sich ein bestimmtes Mafs für dieselben schwer angeben läfst. Die gröfsten, welche ich überhaupt beobachtet habe, besafsen bei einer Länge von etwa 20 μ eine Dicke von 3 μ; die kleinsten waren etwa 6 μ lang und 1 μ dick. Ihre Oberfläche ist in den meisten Fällen glatt, und erscheinen ihre Conturen dann parallel; bisweilen sind sie aber auch mit kleinen Höckern und Ausbuchtungen versehen, und ihre Hauptaxe ist nicht immer gerade, sondern in einzelnen Fällen unregelmäfsig nach verschiedenen Richtungen gekrümmt: selbst hakenförmig gebogene habe ich gefunden. An isolirten Stäbchen bemerkt man, dafs die Enden oft abgerundet, bisweilen aber auch zugespitzt oder andererseits etwas knopfartig verdickt sind. Im Querschnitt erscheinen sie meistens drehrund, aber auch elliptische und ganz unregelmäfsig gestaltete Durchschnitte kommen vor. Möbius (89) gibt bei seiner Form an, dafs die Stäbchen Nebenaxen von ungleicher Länge besitzen, es sind Prismen mit scharfen Kanten. Derartige Stäbchen habe ich in seltenen Fällen auch gefunden. Bei Anwendung stärkster Vergröfserungen erscheinen manche vollkommen structurlos, bei den meisten erkennt man aber eine deutliche Querstreifung und bisweilen sogar eine Gliederung in kleine, etwas abgerundete Segmente (Fig. 11 Taf. 4).

Optisches Verhalten: Bei durchfallendem Licht erscheinen die Stäbchen bei schwächerer Vergröfserung farblos, mit starken Systemen macht sich ein schwacher, grüngelblicher Schimmer bemerkbar. Sie sind sehr scharf und dunkel conturirt. Bei auffallendem Licht glänzen sie stark und sind opak. Ihr Lichtbrechungsvermögen ist sehr bedeutend; in Canadabalsam sind sie deutlich erkennbar und scharf conturirt. Ihr Brechungsindex mufs demnach mehr als 1.535 betragen. Was sie besonders charakterisirt, ist der Umstand, dafs sie im polarisirten Licht deutlich doppeltbrechend erscheinen.

Chemische Natur. Die bisherigen Angaben über die chemische Natur der *Trichosphaerium*-Stäbchen sind nur sehr unvollständig. Schneider (78) gibt an, dafs sie in Kalilauge unverändert bleiben, aber in Essigsäure

und Salzsäure selbst bei starker Verdünnung ohne Gasentwickelung löslich sind. Gruber (83) fügt diesen Angaben hinzu, dafs sie auch in Chromsäure sich lösen, hingegen in Überosmiumsäure vollkommen unverändert bleiben. Möbius (89) gibt bei seiner Form an, dafs sich die Stäbchen mit Jod nicht färben, in Osmiumsäure aber bräunen; in 10 procentiger Essigsäure wurden die Kanten derselben undeutlich, und es blieben blasse Fasern zurück. Hieraus und aus der Bräunung mittels Osmiumsäure schliefst dieser Forscher, dafs sie aus organischer Substanz bestehen.

1. *Verhalten bei Glühhitze.* In der Glühhitze bleiben die Stäbchen von *Trichosphaerium* unverändert. Zu Anfang setzte ich die Trichosphaerien, welche vorher mit absolutem Alkohol getödtet und getrocknet waren, auf einem Deckglase der Glühhitze über einem Bunsenbrenner aus. Nach kurzer Zeit waren die Stäbchen in das Glas eingeschmolzen und lieferten so geeignete Praeparate, konnten aber nicht bis zur Weifsgluth erhitzt werden. Um diefs zu erreichen, brachte ich sie auf ein Platinspatel und setzte sie so der Hitze aus, konnte aber keine Veränderung an ihnen wahrnehmen. Bei diesem Verfahren blieben nur die Stäbchen als sichtbarer Rest vom ganzen Organismus übrig, alle organische Substanz war bis auf kleine Aschenreste verbrannt. Rein organischer Natur, wie Möbius annimmt, konnten hiernach bei meiner Form die Stäbchen nicht sein.

2. *Verhalten zu Lösungsmitteln.* Die nachfolgenden Ergebnisse wurden, wo es nicht besonders erwähnt ist, an ganzen Trichosphaerien erhalten, weil die isolirten Stäbchen wegen ihrer Kleinheit die Manipulationen sehr erschweren.

a. Destillirtes Wasser. Bringt man lebende Trichosphaerien in eine Uhrschale mit ungekochtem destillirten Wasser, so lösen sich die Stäbchen zwar nicht sofort, aber doch in kurzer Zeit (etwa 20–30 Minuten) auf. In lauwarmem Wasser erfolgt die Auflösung noch etwas schneller. Wenn hingegen die lebenden Thiere in siedendes Wasser gebracht wurden, konnte ich nach einhalbstündiger Beobachtung noch keine Veränderung der Stäbchen wahrnehmen; sie waren vielmehr erst nach etwa drei Stunden gelöst. Fixirt man die Trichosphaerien, bevor man sie in das destillirte Wasser bringt, mit absolutem Alkohol, so erfolgt die Lösung der Stäbchen erst nach etwa einer Stunde. Entfernt man aus dem Wasser die Kohlensäure durch Kochen, so werden bei lebend hineingebrachten Thieren die Stäbchen in etwa zwei Stunden gelöst: bei Individuen, die vorher mit Alko-

hol absolutus getödtet waren, blieben sie aber fünf Stunden unverändert. Es sei erwähnt, dafs die Trichosphaerien in Uhrschalen mit Überschufs von Wasser behandelt wurden.

Isolirte Stäbchen blieben in gekochtem destillirten Wasser unter dem Deckglase mehrere Stunden unverändert.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs die Stäbchen in reinem destillirten Wasser unlöslich (im üblichen Sinne) sind; fast unlöslich, wenn der Weichkörper vorhanden, aber durch Alkohol oder Hitze coagulirt war, leichter löslich, wenn der Weichkörper erst im Wasser abstarb (wohl in Folge chemischer Umsetzungen im letzteren) und noch leichter bei Anwesenheit von Kohlensäure.

In Meerwasser sind die Stäbchen unlöslich, was daraus hervorgeht, dafs die Hüllen von abgestorbenen Individuen in einem Aquarium nach 1½ Jahren noch ganz unverändert waren.

b. Verhalten gegen Säuren. Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, concentrirte wie verdünnte, lösen die Stäbchen schnell auf, und zwar, wie ich im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtern angeben mufs, unter Gasentwickelung. Bringt man ein mit absolutem Alkohol entwässertes *Trichosphaerium* auf einen Objectträger und fügt, ohne es mit einem Deckglase zu bedecken, einen Tropfen concentrirter Salzsäure (bez. Schwefel- oder Salpetersäure) hinzu, so sieht man schon mit blofsem Auge grofse Gasblasen von dem Thier zur Oberfläche des Tropfens aufsteigen, so dafs an dem Vorhandensein von Kohlensäure kein Zweifel sein kann. Indessen glaube ich auch die negativen Resultate der früheren Untersucher erklären zu können. Zu diesem Zweck habe ich die Einwirkung der Säuren auf die Stäbchen in verschiedenen Abstufungen der Concentration beobachtet. Bei minimal verdünnter Säure entwickeln sich noch grofse Gasblasen, doch bemerkt man deutlich, dafs dieselben beim Emporsteigen an die Oberfläche sich verkleinern. Bei etwas stärkerer Verdünnung werden zwar auch noch Gasblasen entwickelt, doch sind dieselben viel kleiner und zahlreicher und verschwinden schon beim Aufsteigen, bevor sie die Oberfläche erreichen. Verdünnt man die Säure immer weiter, so bilden sich schliefslich überhaupt keine Gasblasen, sondern die Stäbchen werden, wie man bisher annahm, scheinbar ohne Gasentwickelung gelöst. Ich wiederhole, dafs diese Versuche auf dem offenen Objectträger oder der Uhrschale an entwässerten Trichosphaerien angestellt wurden. Hat man dagegen die Thiere in einen

Wassertropfen gebracht und mit einem Deckglase bedeckt und setzt nun vom Rande einen Tropfen concentrirter Säure hinzu, so findet ebenso wenig eine sichtbare Gasentwickelung statt, wie bei Anwendung verdünnter Säure, denn bis die Säure unter dem Deckglas bis an das Object gelangt, ist sie ja bereits stark verdünnt. Hieraus erklären sich die negativen Resultate der Autoren, die ihre Reactionen unter dem Deckglas gemacht haben. Das verschiedene Verhalten der Stäbchen findet aber seine Erklärung dadurch, dafs die frei werdende Kohlensäure im Wasser gelöst wird. Man mufs hierbei bedenken, dafs jedes Stäbchen von dem benachbarten durch eine Flüssigkeitsschicht getrennt ist; wenn nun diese Flüssigkeit wässerig ist, so wird das durch Auflösung des einzelnen Stäbchens frei werdende minimale Kohlensäurequantum sofort von dem im Überschusse vorhandenen Wasser resorbirt. Bei Fehlen von Wasser hingegen, bei concentrirter Säure, haben die an den einzelnen Stäbchen entstehenden Gasbläschen Zeit, sich zu gröfseren Blasen zu vereinigen und so dem Auge sichtbar zu werden.

Concentrirte Essigsäure löst die Stäbchen schwer, verdünnte hingegen leicht und, wie nach den obigen Auseinandersetzungen erwartet werden konnte, ohne sichtbare Gasentwickelung. Wenn ich unter dem Deckglase Trichosphaerien mit Wasser, dem eine Spur von Essigsäure zugesetzt war, behandelte, so gieng die Lösung der Stäbchen so langsam vor sich, dafs man sie mit starker Vergröfserung genauer verfolgen konnte. Die Stäbchen werden von aufsen her angegriffen, gleichsam abgeschmolzen, ohne dafs sie ihr starkes Lichtbrechungsvermögen vor der vollständigen Auflösung einbüfsten; zuerst bekamen sie in ziemlich regelmäfsigen Abständen ringförmige Einschnürungen und zwar an den durch die früher erwähnten Querstreifen markirten Stellen: dieselben drangen allmählich tiefer vor, bis sie schliefslich durchschnitten, wodurch aus dem Stäbchen eine Reihe runder oder unregelmäfsig gestalteter Körnchen gebildet war, die dann auch aufgelöst wurde, so dafs nichts übrig blieb. Auch bei vorsichtigster Anwendung der Säuren konnte ich keinen organischen Rest mit Sicherheit nachweisen, obwohl das Vorhandensein einer feinen organischen Basis wegen der Analogie mit den Foraminiferen sehr wahrscheinlich und auch möglich ist. Die Art der Stäbchenauflösung ist besonders interessant, weil sie, wie wir früher gesehen haben, genau in umgekehrter Reihenfolge verläuft, wie ihre Bildung.

In Osmiumsäure sind die Stäbchen unlöslich. Eine Bräunung bei Behandlung mit diesem Reagens habe ich bei isolirten Stäbchen nicht beobachtet.

c. Alkalien. In Ammoniak sind die Stäbchen nicht löslich: hingegen löst Salmiaklösung dieselben schnell auf. In Kalilauge, concentrirter wie verdünnter, in kaltem wie in kochendem Zustand, sind sie unlöslich. — Alcohol absolutus und Aether haben keine Wirkung auf die Stäbchen, auch Farbstoffe werden nicht angenommen.

Nachdem der Nachweis der Kohlensäure gelungen war, lag es nahe, zu prüfen, ob die Stäbchen aus kohlensaurem Kalk bestünden, weil ja diese Substanz bei den Rhizopoden als Hauptbestandtheil der Gehäuse sehr verbreitet ist. Es wurde daher die Probe auf Calcium gemacht. Bei den nachfolgenden Reactionen machte ich stets den Versuch zuerst mit Substanzen von bekannter Zusammensetzung, um daran die Richtigkeit des Verfahrens zu prüfen.

Als Probe zur Calciumreaction bediente ich mich eines kleinen Stückchens einer Muschelschale, das kaum Stecknadelkopfgröſse erreichte. Dasselbe wurde in einigen Tropfen sehr verdünnter Essigsäure gelöst (in einer Uhrschale). Hierauf wurde in einem anderen Uhrschälchen eine Lösung von oxalsaurem Ammoniak in Wasser, dem eine Spur von Oxalsäure zugesetzt war, hergestellt. Brachte man nun in diese letztere Lösung einen Tropfen der ersteren, so trat sofort eine für das bloſse Auge sichtbare milchige Trübung ein. Mit den Trichosphaerien wurde nun ebenso verfahren. Fünfzig groſse Individuen, deren Volumen das des Muschelstückchens weit übertraf, wurden mit absolutem Alkohol fixirt und wiederholt mit gekochtem destillirten Wasser abgespült, um möglichst Salze, die vom Meerwasser den Thieren noch anhaften konnten, zu entfernen. Zur Lösung der Stäbchen benutzte ich einen Tropfen ganz schwacher Essigsäure und sog dieselbe dann mit einer Capillare von den zurückbleibenden Überresten der Weichkörper ab. Zu diesem Tropfen der *Trichosphaerium*-Lösung fügte ich einen Tropfen oxalsaures Ammoniak mit Oxalsäure (dieselbe Lösung wie vorhin) hinzu. Die Flüssigkeit blieb bei mehrstündiger Beobachtung vollkommen klar, auch bei Zusatz von kohlensaurem Ammonium. Hieraus ergibt sich, daſs Calcium in nachweisbaren Quantitäten in den Stäbchen von *Trichosphaerium* nicht vorhanden ist. Ich habe die Reaction wiederholt angestellt bei Trichosphaerien aus den verschiedensten Culturen

(aus dem Mittelmeer, Helgoland, Norwegen, Kiel), aber immer mit demselben Resultat.

Dafs die Stäbchen nicht aus kohlensaurem Kalk bestünden, war mir auch durch eine biologische Beobachtung wahrscheinlich geworden. In einem Glase, das nur grüne Algen, aber sonst keinen Bodensatz enthielt, hatte ich zwei Jahre hindurch zahlreiche Generationen von *Calcituba*, einer kalkschaligen Foraminifere, gezogen. Wenn die Calcituben fast alle Algen in dem Glase verzehrt und sich dabei so stark vermehrt hatten, dafs sie mehrere Millimeter hoch den Boden des Gefäfses bedeckten, wurden alle bis auf wenige Exemplare herausgefangen; hierauf vermehrten sich wieder die Algen, die dann wieder von Nachkommen der zurückgebliebenen Foraminiferen bevölkert wurden; dieser Wechsel fand in den zwei Jahren neunmal statt. Da nun das Wasser nicht erneuert, sondern das verdunstete nur durch destillirtes ersetzt wurde, fanden die letzten Generationen der Calcituben nicht mehr genügend Kalk im Meerwasser, um daraus ihre Schale aufzubauen. Die Schalen wurden immer kalkärmer und waren schliefslich fast rein chitinös.

In dieses Glas wurden nun einige Trichosphaerien gebracht, die sich in einem Vierteljahr so stark vermehrten, dafs die Glaswände wie mit einem dichten weifsen Filz überzogen waren, der nur aus Diatomeen, Algen und Trichosphaerien bestand; die letzteren besafsen alle prachtvoll entwickelte Stäbchenhüllen. Da die Organismen die Substanzen, aus denen sie ihren Körper aufbauen, doch aus ihrer Umgebung nehmen, so konnte es in diesem Falle schwerlich kohlensaurer Kalk sein, der die Stäbchen bildete, weil nur minimale Quantitäten von Calcium im Wasser vorhanden sein konnten.

Es war mir bekannt, dafs Foraminiferen zum Bau ihrer Schale aufser Kalk auch Magnesium in Verbindung mit Kohlensäure benutzen; daher lag es nahe, die Stäbchen von *Trichosphaerium* auf das Vorhandensein von M a g n e s i u m zu untersuchen.

Bevor ich die Trichosphaerien prüfte, wurde eine Probe der Reaction mit Magnesiumoxyd gemacht. Ein stecknadelkopfgrofses Körnchen von reinem Magnesiumoxyd wurde in einigen Tropfen Salmiaklösung unter Zusatz einer Spur von Salzsäure gelöst. Hierauf wurden in einer Uhrschale einige Tropfen einer Lösung von phosphorsaurem Ammoniak mit einigen Tropfen Ammoniak gemischt und zu dieser Mischung die erste Lösung zugesetzt. Nach wenigen Minuten bedeckte sich der Boden der Uhrschale mit

den charakteristischen, sargdeckelähnlichen Krystallen von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia. Die Krystalle wurden für den Vergleich aufbewahrt und dann dieselbe Reaction mit 50 grofsen Trichosphaerien vorgenommen. Dieselben wurden mit Alcohol absolutus fixirt und gründlich mit destillirtem Wasser abgespült, im übrigen genau so wie das Magnesiumoxyd behandelt. Wie dort traten auch hier nach etwa zehn Minuten die Krystalle auf, die sich beim Vergleich mit den aus Magnesiumoxyd gewonnenen als identisch erwiesen. Von den 50 Trichosphaerien war nach einer Stunde der ganze Boden der Uhrschale ziemlich dicht mit Krystallen bedeckt. Diese grofse Menge derselben läfst den Schlufs gerechtfertigt erscheinen, dafs kohlensaures Magnesium der Hauptbestandtheil der *Trichosphaerium*-Stäbchen ist.

Ob noch andere Substanzen in geringen Quantitäten in den Stäbchen enthalten sind, vermag ich nicht zu entscheiden. — Bei Foraminiferen ist der kohlensaure Kalk bekanntlich einer organischen, chitinähnlichen Haut eingelagert, die nach Lösung des Kalkes als sogenannte Schalenbasis zurückbleibt. Während Möbius (89) bei den Trichosphaerienstäbchen der Kieler Bucht eine solche Basis beobachtete, konnte ich aus den gelösten Stäbchen keinen wahrnehmbaren Überrest erhalten. Aber nicht nur hierin unterscheidet sich die von Möbius studirte Form von der meinigen, sondern auch, wie bereits früher erwähnt, durch die Gestalt und chemische Beschaffenheit der Stäbchen, so dafs die Annahme Greeff's (92), dafs Möbius eine etwas abweichende Varietät vor sich gehabt hat, sehr wahrscheinlich ist. Vielleicht sind die erwähnten Differenzen durch Anpassung an das Leben im Brackwasser entstanden, wie ja Ähnliches von F. E. Schulze (75) an zwei Foraminiferen des Brackwassers beobachtet wurde. *Quinqueloculina fusca* verliert im Brackwasser ihren Kalkgehalt und nimmt statt dessen Sandkörnchen zur Verfestigung ihrer Schale auf oder verdickt ihre chitinöse Schalenbasis stark. Ähnlich verhält sich *Spiroloculina hyalina*. Wie Hr. Geh. Rath Prof. Schulze mir mündlich mittheilte, konnte er im Brackwasser bei Warnemünde und im Hafen von Edinburgh alle Übergänge von rein kalkigen durch kalkig sandige, rein sandige bis zu rein chitinösen Formen bei *Quinqueloculina fusca* constatiren. Ähnlich könnte auch *Trichosphaerium* seinen Magnesiumgehalt verloren haben.

Mit der Verwendung der Magnesia für den Skeletbau steht *Trichosphaerium* nicht allein im Thierreich da, wenn auch bisher nur selten Magne-

siumverbindungen als Hauptbestandtheile von Thierskeleten gefunden worden sind. Wie bereits erwähnt, findet sich in manchen Foraminiferenschalen aufser kohlensaurem Kalk auch kohlensaures Magnesium in bedeutender Menge. Nach Walther (92) enthält z. B. die Schale von *Orbitolites complanata* 12.52 Procent, von *Nubecularia novorossica* sogar 20 Procent Magnesia. Aber auch in anderen Thiergruppen ist das Vorkommen von Magnesia in bedeutender Menge constatirt. So fand Liebe[1] in *Gorgonia* 21 Procent, in *Flustra* 21.3 Procent Dolomit.

II. Der Weichkörper.

Der von der Hülle umgebene Weichkörper ist sehr zähflüssig, worauf nicht nur die sehr trägen Bewegungen desselben, sondern auch sein starkes Lichtbrechungsvermögen hinweisen. Es gehört ein nicht geringer Druck dazu, um denselben unter dem Deckglase zu zerquetschen; bei gelindem Druck wird er etwas abgeplattet, nimmt aber nach Aufhören desselben sofort wieder seine ursprüngliche Gestalt an. Er besitzt demnach im Gegensatz zu vielen anderen Rhizopoden eine bedeutende Elasticität.

Am lebenden und unversehrten Thier vermag man im Weichkörper kein besonders differenzirtes Ektoplasma und Entoplasma zu unterscheiden. Vielmehr ist derselbe ziemlich gleichmäfsig mit zahlreichen Inhaltsgebilden durchsetzt. Die Schizonten zeigen hierin keine Unterschiede von den Sporonten.

Schneider (78) gibt an, dafs der Weichkörper in ein hyalines Ektoplasma und ein Vacuolen und sonstige Einschlüsse enthaltendes Entoplasma scharf geschieden sei, indessen glaube ich, dafs er den gallertigen Theil der Hülle mit Ektoplasma verwechselt hat, was um so leichter möglich ist, da er nur ganze und ungefärbte Thiere untersucht hat. Die übrigen Beobachter haben auch nichts derartiges gesehen.

Die Farbe des Weichkörpers ist gewöhnlich braun und rührt von den zahlreichen braunen Einschlüssen her, welche denselben ganz durchsetzen: wenn sie fehlen, ist derselbe farblos. Bei Betrachtung mit schwacher Vergröfserung erscheint der Weichkörper ziemlich grob granulirt und zwar gleich-

[1] Zeitschrift der Deutsch. Geol. Gesellsch. 1857, S. 426.

mäfsig bis zur Oberfläche, nur unter den Pseudopodienöffnungen machen sich kleine Inseln hyalinen und im Leben stärker lichtbrechenden Protoplasmas bemerkbar; aus denselben werden die hyalinen Pseudopodien gebildet, wie später bei Betrachtung dieser Gebilde genauer erläutert werden soll. Gruber (83) hat diese Inseln bereits richtig erkannt. Er sagt: »An der Stelle, wo Pseudopodien austreten, verräth das stärkere Lichtbrechungsvermögen eine Lage hyalinen Plasmas, aus welchem die Fortsätze hervorgehen, während nach innen zu der Körper aus einer trüben, reichlich mit Körnchen und Vacuolen versehenen Sarkode besteht«.

Bei Untersuchung des lebenden wie des conservirten Weichkörpers mit starken Vergröfserungen erkennt man, dafs derselbe aus zahlreichen verschiedenartigen Inhaltsgebilden und einer dieselben umschliefsenden, gleichmäfsig structurirten Grundsubstanz zusammengesetzt ist. Im folgenden sollen zuerst die Inhaltsgebilde und dann die Grundsubstanz oder das eigentliche Protoplasma besprochen werden; die besonderen Differenzirungen desselben, die Pseudopodien und die Kerne werden in eigenen Capiteln abgehandelt werden.

a. Die Inhaltsgebilde des Weichkörpers.

Durch directe Beobachtung, durch mikrochemische Untersuchung und durch Vergleich mit bekannten Gebilden bei anderen Protozoen gelang es, folgende Inhaltsgebilde deutlich zu unterscheiden: Flüssigkeitsvacuolen, aufgenommene Nahrungskörper, besondere, aus nicht verdaubaren Nahrungsresten hergestellte Faecalballen, die ich Sterkome nennen will, Excretkörner, diverse andere Körnchen, wie Fettkörnchen und sonstige Stoffwechselproducte und Reservestoffe, endlich commensale Algen. Alle diese Inhaltsgebilde sind nach Art einer Emulsion in der zähflüssigen Grundsubstanz suspendirt. Vollständig fehlen können sie aber auch; in gewissen Entwickelungsstadien, so bei Beginn der Sporogonie und der Schizogonie, reinigt sich der Weichkörper gewissermafsen, indem er alle fremden Einschlüsse ausstöfst. Auf diesen Stadien kann man natürlich den Bau des Plasmas am leichtesten studiren. Auch beim Verhungern der Trichosphaerien werden allmählich sämmtliche Inhaltsgebilde des Weichkörpers ausgestofsen, ebenso vor der Encystirung der Schizonten. Ganz allgemein kann man sagen, dafs der Weichkörper während der vegetativen Lebensperiode reich an Inhaltsgebilden ist, während der reproductiven aber arm.

1. Die Vacuolen. Bei der Betrachtung fast jedes Weichkörpers fallen mehr oder weniger zahlreiche helle Blasen auf, die sich bei genauerer Untersuchung als einfache, mit wasserklarer Flüssigkeit erfüllte Vacuolen erweisen. Ihre Conturen sind stets scharf und glatt; doch ist diefs Verhalten nicht auf das Vorhandensein einer eigenen, besonders differenzirten Wandung zurückzuführen, vielmehr sind sie als dünnflüssige Tropfen in einer zähflüssigen Masse aufzufassen. Ihre Gestalt und Gröfse können sie langsam ändern, doch geht diefs so allmählich vor sich, dafs man es mit dem Auge gar nicht beobachten kann, wohl aber mit Hülfe des Zeichenprismas; wenn man eine Vacuole in ihrem gröfsten Umrifs gezeichnet hat, so kann man nach einiger Zeit beobachten, dafs die Conturen sich nicht mehr decken, sondern dafs die Vacuole gröfser oder kleiner geworden ist.

Wie bei vielen marinen Rhizopoden, findet sich eine in rythmischen Intervallen pulsirende Vacuole nicht bei *Trichosphaerium*, vielleicht wird aber dasselbe Ziel, nämlich der Wasserwechsel im Protoplasma, durch die sehr langsamen Contractionen und Expansionen zahlreicher Flüssigkeitsvacuolen ebenso gut erreicht, wie durch die schnellen Pulsationen einer oder weniger Vacuolen. Diese Ansicht wird noch plausibler, wenn man in Betracht zieht, dafs auch bei den Süfswasser-Rhizopoden nicht nur die Zahl der pulsirenden Vacuolen, sondern auch die Frequenz ihrer Entleerung sehr verschieden ist. Bei manchen Formen pulsirt die Vacuole sehr langsam, bei anderen sehr schnell, und finden sich alle möglichen Übergänge. Nach Schwalbe (64) pulsiren die Vacuolen um so langsamer, je gröfser sie sind oder je zahlreicher sie werden; dieses Gesetz würde sich auch auf die marinen Rhizopoden anwenden lassen, wenn man annimmt, dafs hier sehr zahlreiche Vacuolen nur äufserst langsame Contractionen auszuführen brauchen, um den nöthigen Wasserwechsel zu erzeugen.

Über die chemische Natur der Vacuolenflüssigkeit kann man nichts genaueres aussagen, weil uns hier die Methodik der Mikrochemie noch vollständig im Stiche läfst. Manche Vacuolen (die sogenannten Nahrungs- oder Verdauungsvacuolen) enthalten Säuren, wie durch Fütterung mit blauen Farbstoffen, die in den Vacuolen roth werden, nachgewiesen werden kann (vergl. auch das Capitel über die Nahrungskörper).

Aufser Flüssigkeitsvacuolen habe ich in einem einzigen Individuum im Weichkörper eine Gasvacuole beobachtet. Bei Süfswassertestaceen finden sich ja, wie bekannt, häufig Gasvacuolen, die dort als hydrostatischer Ap-

parat functioniren, mit dessen Hülfe die Thiere im Wasser auf- und niedersteigen können. Über die Herkunft und Bedeutung der nur einmal bei *Trichosphaerium* beobachteten Gasvacuole vermag ich keine Auskunft zu geben.

2. Die Nahrungskörper. Den Haupttheil der Inhaltsgebilde des Weichkörpers von *Trichosphaerium* bildet die aufgenommene Nahrung, die aus den verschiedensten verdaubaren wie unverdaulichen Gegenständen besteht. Unser Rhizopode scheint alles, was ihm im Wege liegt, durch Aufnahme in seinen Körper wegzuräumen. Man findet im Plasma die verschiedensten pflanzlichen Gebilde, Algenfäden, Diatomeen, Bacillarineen, Cyanophyceen u. s. w., ferner Überreste von Thieren, Copepodennauplien, Infusorien, Rhizopoden, daneben aber auch Sandkörnchen, Reste und Bruchstücke von Thalamophorengehäusen und allen möglichen undefinirbaren Detritus. Alle aufgenommenen Fremdkörper werden in Vacuolen des Plasmas eingeschlossen, und geht in denselben die Verdauung der Nährstoffe vor sich. Auf Schnitten durch Schizonten und bei den Sporonten, ohne weiteres am lebenden Object, kann man leicht die Stadien der Verdauung constatiren. Hier liegt noch eine unversehrte Alge mit glatter Cellulosemembran, grünem Chlorophyll und vacuolärem Plasma, daneben eine andere, schon halb verdaute; nur die Membran, der Kern und die Stärkekörner haben noch Widerstand geleistet. Schliefslich findet man in der grofsen Nahrungsvacuole nur noch eine ganz zerknitterte Membran und ein Häufchen von Amylumkörnern, die unverdaulichen Überreste der Algenzelle.

Während häufig die Nahrungskörper einzeln in je einer Vacuole liegen, finden sie sich bisweilen in gröfseren Mengen in einer Verdauungsvacuole vereinigt. Bei den Schizonten konnte ich die Beobachtung machen, dafs sie nicht selten kleinere Individuen der eigenen Art verzehren; bei den Sporonten, die ja die Fähigkeit der Plastogamie besitzen, fand ich diesen Kannibalismus nicht. Meines Wissens sind ähnliche Beobachtungen bei Rhizopoden noch nicht gemacht worden.

Man findet auf Schnittserien im Innern der Schizonten häufig kleinere Individuen in verschiedenen Stadien der Verdauung. Auch habe ich häufig die Einverleibung direct beobachtet, aber anfangs für Plastogamie gehalten, bis ich die Trichosphaerien, um etwaige Kernverschmelzungen zu constatiren, in verschiedenen Zeiten nach der Verschmelzung oder besser Umfliefsung abtödtete und auf Schnittserien untersuchte. Es schien mir von Interesse, einiges über die Verdaubarkeit der *Trichosphaerium*-Bestandtheile

zu ermitteln. Sofort nach der Aufnahme in den Weichkörper bildet sich um das gefressene Thier ein mit Flüssigkeit gefüllter Raum, d. h. es wird in eine grofse Vacuole eingeschlossen. Die Vacuolenflüssigkeit mufs ziemlich stark sauer sein, denn nach wenigen Minuten waren die Stäbchen der Hülle bereits gelöst. Bekanntlich konnte schon wiederholt bei Protozoen das Vorhandensein von Säure in den Nahrungsvacuolen nachgewiesen werden, so z. B. von Meifsner (88) durch das Rothwerden des Alkannafarbstoffes bei Fütterungsversuchen mit Öltropfen. Nach ungefähr 6–8 Stunden ist der Weichkörper so weit verdaut, dafs nur die in demselben enthaltenen unverdaubaren Nahrungsreste und die Kerne übrig sind (Fig. 1 Taf. IV). Die letzteren leisten am längsten Widerstand, doch erleiden sie beim weiteren Fortschreiten der Verdauung eigenthümliche Structurveränderungen, die in dem Capitel über die Kernverhältnisse genauer geschildert werden sollen. Die Hülle scheint nach der Lösung der Stäbchen unverändert zu bleiben, was ja gut mit ihrer Resistenz gegen Säuren und Alkalien übereinstimmt.

Die nicht verdaubaren Nahrungsreste werden von den Trichosphaerien allmählich zu gröfseren Klumpen zusammengeballt und dann ausgestofsen; oft bleiben sie aber noch lange Zeit im Innern des Weichkörpers und werden durch eine vom Plasma abgeschiedene Kittsubstanz zu stark lichtbrechenden, kugeligen Körpern umgebildet, die ich, weil sie bei schlickbewohnenden Rhizopoden sehr verbreitet sind, mit einem besonderen Namen als Sterkome[1] bezeichnen will.

3. Die Sterkome (Fig. 14 Taf. IV). Dafs die Sterkome nur Ballen unverdaubarer Nahrungsreste darstellen soll weiter unten experimentell nachgewiesen werden. Im ausgebildeten Zustand besitzen die mit diesem Namen belegten Gebilde die Gestalt einer Kugel oder häufiger noch die eines mehr oder minder gestreckten Rotationsellipsoids. Ihr Durchmesser wechselt zwischen 10–30 μ, nur ein einziges Mal habe ich ein Individuum mit Sterkomen von nur etwa 6 μ Durchmesser gefunden. Ihre Farbe ist sehr mannichfaltig und spielt in allen Tönen des Grau und Braun, selbst fast ganz schwarze Kugeln kann man beobachten. Ihre Conturen sind glatt und besitzen sie bedeutendes Lichtbrechungsvermögen. Sie verleihen, wenn in gröfserer Menge vorhanden, dem Weichkörper ein ganz dunkles und undurchsichtiges Aussehen. Die Bestandtheile der Sterkome sind der ver-

[1] Nach einem Vorschlag von Hrn. Geheimrath F. E. Schulze.

schiedensten Art, doch meist schwer zu definiren, am leichtesten erkennbar sind Diatomeenreste, Spongiennadeln, Quarzstückchen und sonstige mineralische Einlagerungen. Von organischen Resten kann man nur Cellulosemembranen und bisweilen Stärkekörner mit Sicherheit nachweisen. Die vom Weichkörper abgeschiedene Kittsubstanz, welche die verschiedenen Fremdkörper des Sterkoms zusammenhält, besitzt weiche Consistenz, so dafs man die Sterkome unter dem Deckglase platt drücken kann. Sie scheint der Substanz, aus welcher die Gallerthülle gebildet ist, nahe zu stehen, wenigstens stimmt sie mit ihr im Verhalten gegen Farbstoffe (vergl. das Capitel über die Gallerthülle) überein. Die Sterkome sind resistent gegen kalte wie heifse Säuren und Alkalien, sie verwesen daher auch nicht, wenn der Weichkörper des Thieres zerfällt. Man findet sie häufig als einzigen Inhalt in den Hüllen abgestorbener Individuen. Wenn dann im Laufe der Zeit auch die Hülle zerstört wird, bleibt nur ein Häufchen von Kugeln übrig, das bei oberflächlicher Betrachtung mit schwachen Vergröfserungen leicht Schizogone vortäuschen kann.

Dafs in der That die älteren Forscher Sterkome und ähnliche Gebilde für Keimkörper und sonstige Fortpflanzungsstadien gehalten haben, hat Rhumbler (92) wahrscheinlich gemacht. Er wies nach, dafs die Keimkugeln, die M. Schultze (64) bei Foraminiferen beschreibt, theils Eisenkiesablagerungen in verwesten Weichkörpern sind, theils aber Gebilde, welche den hier geschilderten Sterkomen sehr ähnlich sind. Auch die »propagative bodies« Carter's (76) sind nichts weiter als Sterkome. Carter fand diese Gebilde bekanntlich sogar in fossilen Foraminiferen, und ist bereits Bütschli (80) der Auffassung, dafs es Fortpflanzungskörper seien, entgegengetreten. Er sagt S. 139: »Schon die allmähliche Bildung dieser Kugeln aus kleinen moleculären Körnchen, die, ohne von einer Hülle umschlossen zu sein, sich zu den erwähnten Kugeln zusammengruppiren, läfst die Bedeutung derselben als Fortpflanzungskörper sehr zweifelhaft erscheinen. Zu völliger Gewifsheit scheint jedoch dieser Zweifel erhoben, wenn wir ferner beachten, dafs diese Kugeln sich durch ihre Resistenz, selbst gegen die stärksten Mineralsäuren und kochende Alkalien, als Körper ausweisen, die unmöglich von lebendiger, thierischer Substanz gebildet sein können«.

Bei anderen Rhizopoden sind die Sterkome zwar nicht für Fortpflanzungskörper, aber für wichtige Bestandtheile des Plasmas gehalten worden. So bei *Hyalopus (Gromia) dujardini.* Max Schultze (54) schildert bei die-

ser Form eingehend braune Körper, die den Hauptbestandtheil des Plasmas bilden und sich bei keinem anderen Rhizopoden finden sollen. Die Resistenz gegen Säuren und Alkalien war ihm schon bekannt. Gruber (84) fand die braunen Kugeln vereint mit blassen Körpern vor und sagt von ihnen: »Es ist mir sehr wahrscheinlich, dafs die Körner (braune und blasse Kugeln) hier die feinsten Nahrungsbestandtheile verarbeiten und verdauen, während das ungeformte Plasma (der Pseudopodien) auf Nahrungserwerb ausgeht«. Dieser Forscher hält also, ähnlich wie Schultze, die braunen Kugeln für »geformtes Plasma«. Mir selbst (94a) gelang es dann, durch Kernfärbung unter Anwendung der Schnittmethode nachzuweisen, dafs die blassen Kugeln Gruber's die Kerne sind, doch vermochte ich über die Natur der braunen Kugeln auch nichts genaueres anzugeben. Dafs sie unwichtige Bestandtheile des Weichkörpers waren, schien daraus hervorzugehen, dafs sie bei Ausschwärmen der Sporen mit den Nahrungsresten in der Schale zurückblieben.

In demselben Jahre schilderte dann Rhumbler bei der Foraminifere *Saccammina* (94) Schlickkugeln und Faecalballen als Inhaltsgebilde des Weichkörpers und leerer Schalen und machte ihre Entstehung durch Zusammenballen aufgenommener unverdaulicher Nahrungsreste plausibel. Diefs brachte mich auf den Gedanken, die braunen Kugeln von *Hyalopus* und *Trichosphaerium* mit den Schlickkugeln von *Saccammina* zu vergleichen. Mein Aufenthalt an der norwegischen Küste bot mir reichliche Gelegenheit hierzu, und konnte ich mich von der grofsen Ähnlichkeit der Bildungen überzeugen. Überdiefs fand ich die braunen Kugeln bei fast allen schlammbewohnenden Rhizopoden in übereinstimmender Weise vor. Die Angaben Rhumbler's (94) konnte ich vollkommen bestätigen.

Um die auf diese Weise wahrscheinlich gewordene Entstehung der Sterkome aus Nahrungsresten experimentell zu beweisen, brachte ich Trichosphaerien (und *Hyalopus*) in Culturgefäfse, in welchen Farbstoffe suspendirt waren, die allmählich alle Nährsubstrate bedeckten, von den Thieren mitgefressen wurden und nun deutlich die Umwandelung der Nahrungsreste in Sterkome demonstrirten. Ich verfuhr hierbei folgendermafsen: Chinesische Tusche, Indigo oder Karmin (die beiden ersten Farbstoffe sind geeigneter, weil Karmin in geringen Quantitäten im Meerwasser gelöst wird) wurden fein in Seewasser verrieben und in nahrungsreichen Culturgefäfsen verrührt. Nach einigen Tagen waren mit den Nährsubstraten alle kleinen

Farbstoffpartikel auf den Boden gesunken und bedeckten alle Körper mit einem dichten Überzug. Nun wurden die Gefäfse mit den Rhizopoden beschickt und einige Tage in Ruhe gelassen. Nachdem ich mich an einzelnen herausgefangenen Trichosphaerien überzeugt hatte, dafs die Farbstoffe mit der Nahrung aufgenommen waren und dicht den Weichkörper durchsetzten, wurden die Versuchsthiere aus den Farbstoffgläsern herausgenommen und in reines Meerwasser, das nur Diatomeen als Nahrung enthielt, gebracht, und dann täglich einige Individuen genau untersucht. Dabei zeigte es sich deutlich, dafs die anfangs locker mit den Nahrungsstoffen durch den Weichkörper vertheilten Farbstoffkörnchen allmählich in einzelnen Vacuolen concentrirt und immer dichter an einander gelagert wurden, bis schliefslich typische Sterkome gebildet waren, die mit Farbstoffkörnchen mehr oder weniger dicht durchsetzt waren. Der ganze Procefs dauerte ungefähr eine Woche.

Häufig fand ich fertige, gefärbte Sterkome frei auf dem Boden der Culturgefäfse neben den Trichosphaerien, wodurch bewiesen ist, dafs sie aus dem Weichkörper ausgestofsen werden können. Andererseits lehrte aber die Thatsache, dafs ich noch zehn Wochen nach der Entfernung der Thiere aus den Farbstoffgefäfsen gefärbte Sterkome im Weichkörper vorfand, wie lange die letzteren zurückbehalten werden können. Besonders schienen hierbei die mit Tusche schwarz gefärbten Sterkome bevorzugt zu werden. Eine mit diesem Verhalten vergleichbare Erscheinung konnte ich im Hafen des Puddefjords zu Bergen beobachten. Dort befinden sich von den zahlreichen verkehrenden Dampfern viele Kohlenstücke im Schlick. Die daselbst gefangenen Trichosphaerien[1] besafsen nun stets Sterkome, die dicht mit Kohlenpartikeln erfüllt waren, und sie behielten dieselben über zwei Monate im Aquarium bei sich. Auch Gruber (84) fand im Hafen von Genua Gromien und *Hyalopus* dicht mit Kohlenstückchen erfüllt. Die Aufnahme und das Zurückbehalten schwarzer Fremdkörper im Plasma ist vielleicht bei diesen Rhizopoden durch gröfseres Wärmebedürfnifs bedingt: die mehr Wärmestrahlen absorbirenden Körper werden vielleicht deshalb vor anderen bevorzugt. Die experimentelle Prüfung dieser Frage dürfte, wie es mir nach meinen biologischen Beobachtungen scheint, nicht ohne interessante Resul-

[1] Ebenso *Hyalopus*, *Stortosphaera* und einige Gromien, nicht hingegen *Astrorhiza*, *Saccammina* und verschiedene andere Foraminiferen, obwohl sie auch Sterkome besafsen.

tate sein, und würden bei einem vergleichenden Studium zahlreicher Protozoen sich bedeutende Differenzen finden lassen (vergl. die Anmerkung).

Daſs Protozoen, besonders Rhizopoden, Fremdkörper ohne Nährwerth lange Zeit mit sich herumschleppen, ist schon wiederholt beobachtet. Gruber (85), der manche Amoeben ganz mit Sand vollgestopft fand, vermuthet, daſs die Fremdkörper nicht ausgestoſsen werden, weil durch sie das weiche Protoplasma eine gewisse Festigkeit erlangt.

Einen anderen ganz plausibeln Grund führt noch Meiſsner (88) an, nämlich »daſs durch Anhäufung groſser und fester Partikel in der Mitte des Plasmas die Oberfläche des Rhizopodenkörpers, die dem Gasaustausche und der Ernährung durch Endosmose hauptsächlich dient, vergröſsert wird«. Endlich möchte ich noch hinzufügen, daſs es für schlammbewohnende Thiere vortheilhaft ist, wenn ihr Körper durch Aufnahme von Fremdkörpern schwerer wird. Sie werden bei Strömungen nicht so leicht mit fortgerissen und sinken, wenn es geschieht, schneller wieder in ihr Nahrungsgebiet zurück.

Wenn man die Trichosphaerien aus dem Schlick entfernt und sie in ganz andere Lebensbedingungen bringt, ihnen z. B. nur Siphoneen als Nahrung gibt, so verlieren sie allmählich die Sterkome ganz und können aus Materialmangel keine neuen bilden. Sie erhalten dadurch ein sehr viel reineres Plasma und eignen sich besser für das genauere Studium der Fortpflanzungsvorgänge und der Plasmastructur, weshalb ich hauptsächlich sterkomfreie Individuen für meine Studien benutzt habe. In groſsen Massen finden sich derartige Thiere an den Seitenwänden der Aquarien, die ja meistens mit einem dichten Filz von Algen bedeckt sind, in denen wenig unverdauliche Substanzen enthalten sind. Bei reiner Diatomeennahrung werden auch keine Sterkome gebildet, die Kieselpanzer dieser Organismen sind wohl zu groſs, um noch zu gröſseren Kugeln zusammengebacken zu werden.[1] Eine ähnliche Beobachtung scheint Rhumbler (92) bei *Truncatulina* gemacht zu haben. Während er in allen aus Bodenproben stammenden Thieren die Schlickkugeln vorfand, fehlten sie stets bei Individuen, welche von Bryozoen- und Hydrozoenstöcken abgesucht worden waren.

Die eigenthümlichen gelben Körperchen, welche Rhumbler unter dem Namen »Xanthosomen« bei *Saccammina* beschreibt und die sich zwi-

---

[1] Vergl. Fig. 1 und 2 Taf. IV und V.

schen den Sterkomen und in denselben eingelagert finden, habe ich bei *Hyalopus* ebenfalls gefunden. Bei *Trichosphaerium* scheinen sie zu fehlen; hier werden sie durch die im nächsten Capitel zu schildernden Excretkörner ersetzt, die sich häufig in den Sterkomen eingebacken vorfinden. Rhumbler hat die Vermuthung ausgesprochen, dafs die Xanthosomen aus den Excretkörnern unter dem Einflufs der Sterkome entstehen, weil er vor der Bildung der Faecalballen nur Excretkörner vorfand, dann aber nur Xanthosomen. Demgegenüber kann ich angeben, dafs bei *Hyalopus* Excretkörner und Xanthosomen sich zugleich und in gleichen Mengen in den Sterkomen beobachten lassen.

4. Excretkörner (Fig. 15, 16 Taf. IV). Die Inhaltsgebilde des Protoplasmas, welche ich unter diesem Namen genauer schildern will, sind von allen andern durch aufserordentlich starkes Lichtbrechungsvermögen unterschieden. Sie finden sich in gleicher Weise bei den Schizonten und Sporonten, treten aber in sehr wechselnder Menge auf. Man findet Individuen, die dicht damit erfüllt sind, während andere nur wenige kleine Körnchen enthalten. Es hat sich gezeigt, dafs dieser Unterschied von der Art der Nahrungsmittel abhängt. Die thierische Nahrung begünstigt die Entstehung der Gebilde, bei pflanzlicher sind sie selten. Weiter unten werde ich näher auf diese interessanten Verhältnisse eingehen.

Wie die Menge, so variirt auch die Gröfse der Körner bedeutend (von 1–16 μ). Sie treten in mannichfaltiger Gestalt auf (Fig. 15); man findet kugelige, ellipsoidale, hantelförmige, ganz unregelmäfsige, aber auch polyedrische, krystallähnliche mit scharfen Kanten oder büschel- und garbenförmige, zusammengesetzte Bildungen, die aus zahlreichen Nadeln oder schief abgestutzten Prismen bestehen. Seltener finden sich einzelne Nadeln, und sind dieselben stets sehr klein. Drusen, aus Bündeln kleiner Nadeln bestehend, habe ich nur wenige Male beobachtet. Manche Krystallconglomerate besafsen abgerundete Ecken und waren theils von geraden, theils von krummen Flächen begrenzt. Bei sehr starker Vergröfserung konnte man bei allen noch eine feinere Structur erkennen (Fig. 16). Dieselbe machte sich als eine feine Streifung bemerkbar, wobei die Streifen entweder parallel waren oder radiär von einem Punkte ausstrahlten. Der feinere Bau der Körner ist demnach auch krystallinisch, und zwar sind sie Aggregate kleinster nadelförmiger Krystalle, wie die Art ihrer Auflösung in stark verdünnten Säuren lehrte.

Die Farbe der Körner ist bei durchfallendem Licht grüngelb bis graubraun; bei auffallendem Licht sind sie stark glänzend und opak. Besonders charakteristisch für sie ist, dafs sie im polarisirten Licht deutlich doppeltbrechend erscheinen.[1]

Ähnliche Gebilde wie die hier beschriebenen sind schon lange bei zahlreichen Protozoen bekannt und wahrscheinlich überall verbreitet, nur können sie, wenn sie spärlich und klein vorkommen, leicht übersehen und mit anderen Einschlüssen zusammengeworfen werden. Eine recht vollständige Zusammenstellung der Angaben über diese Gebilde findet sich in Schewiakoff's Arbeit über die Excretkörner bei *Paramaecium* (93). Über die chemische Natur der Körner wie über ihre Bedeutung liegen nur wenige Angaben vor, und sind dieselben zum Theil sich widersprechend; aufserdem beziehen sie sich fast ausschliefslich auf Infusorien.

Bei Rhizopoden ist nichts sicheres über dieselben bekannt.[2] Rhumbler (94) und ich (95) haben sie zwar bei Foraminiferen beschrieben, aber keine chemische Untersuchung vorgenommen, so dafs unsere Deutung als Excretkörner nur eine gewisse Wahrscheinlichkeit besitzt.

Der Name »Excretkörner« rührt von Bütschli (78) her, der sie für Endproducte des Stoffwechsels erklärte und ohne chemische Untersuchung auf Grund ihrer krystallinischen Beschaffenheit die Vermuthung aussprach, dafs sie aus oxalsaurem Kalk bestehen könnten.

Von einer Anzahl Forscher wurden die Körner wegen ihrer Gestalt und Farbe und wegen des Verhaltens gegen Säuren mit Harnconcrementen verglichen, so von Wrzesniowski (70), Entz (79), der darin harnsaures Natron vermuthet (auf Grund von Vergleichen mit den Harnconcrementen in den Malpighi'schen Gefäfsen der Insecten), Maupas (83), der die Doppelbrechung zuerst nachwies, und endlich Rhumbler (92), welcher durch die Murexidreaction Harnsäure nachgewiesen haben will. Rhumbler ist der Erste, welcher eine genauere chemische Untersuchung der Excretkörner (bei *Stylonychia*) vorgenommen hat. Nach ihm hat Schewiakoff (93) in einer

---

[1] Da die Stäbchen der Schizontenhülle bei der Untersuchung dieser Inhaltsgebilde besonders störend sind, wurden für die Untersuchung der Excretkörner hauptsächlich Sporonten verwendet, dann aber die Resultate auf Schnitten durch Schizonten controlirt. Die Excretkörner beider Formen zeigten keinerlei Abweichungen.

[2] Als Excretkörner mit Wahrscheinlichkeit zu deutende Gebilde wurden bei vielen Rhizopoden von Auerbach, Carter, Ray Lankester, F. E. Schulze und Anderen beobachtet, ohne dafs aber eine Deutung versucht wurde.

sehr eingehenden Arbeit bei *Paramaecium* dieselben Körner studirt, kommt aber zu einem ganz abweichenden Resultat: er findet nämlich, dafs sie aus phosphorsaurem Kalk bestehen, oder vielmehr, dafs die Excretkörner zum gröfsten Theil Calcium sowie Phosphorsäure enthalten. Die Angaben Rhumbler's hält er für irrthümlich. In einer neueren Arbeit hält Rhumbler (95, p. 155) seine früheren Aussagen aufrecht und fügt als Stütze seiner Ansicht hinzu, dafs auch Griffith[1] in Infusorien durch die Murexidprobe Harnsäure nachgewiesen habe.

Diese Controverse schien es mir wünschenswerth zu machen, beide Reactionen (auf phosphorsauren Kalk und auf Harnsäure) bei den Excretkörnern von *Trichosphaerium* zu versuchen.

Chemische Natur der Excretkörner. Ich will hier nicht die einzelnen Versuche über die Löslichkeit der Körner in verschiedenen Lösungsmitteln anführen. Das Resultat war, dafs sie sich genau so verhalten, wie die Excretkörner des *Paramaecium* nach Schewiakoff's (93) Angaben. Das Verhalten läfst sich kurz dahin zusammenfassen, dafs die Körner leicht löslich sind in Mineralsäuren und Alkalien, schwer löslich in concentrirter Essigsäure und verdünntem Ammoniak, leichter in verdünnter Essigsäure und Ammoniak, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff.

a. Reaction auf phosphorsauren Kalk. Zu dieser und den nachfolgenden Reactionen wurden nur Sporonten verwendet, weil die Hüllenstäbchen der Schizonten einwandsfreie Versuche bei dieser Form verhinderten.

1. Nachweis von Calcium. Mehrere grofse Sporonten mit sehr grofsen Excretkörnern wurden in absolutem Alkohol entwässert und hierauf in einen Tropfen fünfprocentiger Essigsäure gebracht. Nachdem die Excretkörner gelöst waren, wurde auf dem Objectträger eine Spur von Ammoniumoxalat zugesetzt. In und in der Nähe der Sporonten traten bald darauf kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk auf. Setzte ich an Stelle des Ammoniumoxalats Schwefelsäure hinzu, so traten die leicht erkennbaren Nadeln von schwefelsaurem Kalk auf.

2. Nachweis von Phosphorsäure. Zu mehreren trockenen Sporonten wurde ein Tropfen einer Mischung von molybdänsaurem Ammoniak und Salpetersäure zu gleichen Theilen hinzugefügt. Die Excretkörner wurden sofort gelöst, und in und an den Sporonten wurden die grüngelblichen Krystalle von phosphorsaurem Ammoniummolybdat ausgeschieden.

---

[1] In: Proc. R. Soc. Edinburgh. vol. XVI, p. 131–135.

Aus dieser Reaction ergibt sich, dafs die Excretkörner von *Trichosphaerium* dieselbe chemische Zusammensetzung (soweit sich das bei unseren mikrochemischen Reactionen überhaupt erkennen läfst) haben, wie bei *Paramaecium* nach Schewiakoff's Resultaten; sie enthalten zum gröfsten Theil Calcium und Phosphorsäure und bestehen wahrscheinlich aus phosphorsaurem oder saurem phosphorsauren Kalk [$Ca_3(PO_4)_2$ oder $Ca_2H_2(PO_4)_2$].

b. Murexidreaction. Die Reaction, welche Rhumbler (92) ausführte, ist, wie bereits Bütschli und Schewiakoff eingewendet haben, gar keine Murexidprobe, weil er angibt, dafs die Excretkörner nach dem Verdampfen der Salpetersäure erhalten geblieben waren, während bei dieser Reaction die Harnsäure gelöst und in Purpursäure übergeführt wird. Rhumbler gibt diesen Irrthum zu, erklärt aber seine Auffassung dadurch, dafs er das Verdampfen der Salpetersäure nicht unter dem Mikroskop verfolgt habe und dafs möglicherweise die Purpursäureniederschläge an die Stelle der Excretkörner getreten seien und so das Vorhandensein der letzteren vorgetäuscht hätten.

Um die Trichosphaerien auf Harnsäure zu untersuchen, brachte ich einen grofsen, durch Centrifugiren erhaltenen Klumpen derselben, nachdem er getrocknet war, in Salpetersäure. Nach Verdampfen der Flüssigkeit war der Rückstand braunroth, nicht rein roth, wie es für reine Harnsäure charakteristisch ist; doch zeigten sich hierin bei öfters vorgenommenen Reactionen Verschiedenheiten, bald spielte die Farbe mehr in's Braun, bald mehr in's Roth. Jedenfalls traten aber in den meisten Fällen bei Zusatz von Kalilauge mehr oder weniger zahlreiche, intensiv blau gefärbte Körnchen auf; ebenso zeigten sich bei Ammoniakzusatz rothe Körper, so dafs Harnsäure ohne Zweifel in den Trichosphaerien vorhanden ist. Die Harnsäurekrystalle aber unter den Excretkörnern heraus zu erkennen, dürfte sehr schwierig sein. Hiernach halte ich es nicht für ausgeschlossen, dafs auch bei anderen Protozoen die unter dem Namen »Excretkörner« zusammengefafsten Gebilde verschiedene chemische Zusammensetzung haben und wird man sich vor Verallgemeinerungen hüten müssen.

Über die Bildung der Excretkörner hat Schewiakoff (93) angegeben, dafs sie zuerst in Nahrungsvacuolen auftreten und später in das Plasma übergehen. Auch ich fand die kleinsten Excretkörner häufig in Vacuolen, die halbverdaute Nahrung enthielten, konnte jedoch niemals frei im Plasma befindliche Körner entdecken, sondern bei den Trichosphaerien lagen sie

stets in Vacuolen eingeschlossen. Während Schewiakoff eine Ausstofsung der Excretkörner mit den Nahrungsresten nie beobachten konnte und wahrscheinlich zu machen sucht, dafs dieselben wiederum im Plasma gelöst und im flüssigen Zustande durch die contractile Vacuole nach aufsen entleert werden, habe ich bei *Trichosphaerium* die Ausstofsung direct beobachten können; überdiefs enthalten die Sterkome häufig einige Excretkörner, wie bereits früher erwähnt wurde. Eine Hinausbeförderung in gelöstem Zustand durch eine pulsirende Vacuole kommt natürlich bei *Trichosphaerium* überhaupt nicht in Frage.

Übrigens scheinen auch bei den Infusorien die Verhältnisse verschieden zu sein. Stein (82) z. B. hat bei *Paramaecium bursaria* die Ausstofsung der Excretkörner mit den Kothballen durch den After beobachtet.

Bei Foraminiferen habe ich bereits früher (95) gezeigt, dafs bei thierischer Nahrung die Excretkörner zahlreicher und gröfser werden als bei pflanzlicher. Wenn *Patellina* Copepoden oder Infusorien verzehrt, ist sie mit grofsen Krystallen dicht erfüllt, bei Diatomeennahrung verschwinden sie fast vollständig. Auch bei *Trichosphaerium* konnte ich diese Abhängigkeit der Excretkornbildung von der Nahrung experimentell nachweisen. Cultivirt man die Thiere auf Diatomeenrasen, so bleiben sie fast ganz frei von den Körnern; wenn solche vorhanden sind, besitzen sie eine winzige Gröfse. Lebende Thiere vermögen die Trichosphaerien nicht zu fangen; ich centrifugirte daher eine Menge Copepoden und Infusorien aus dem Seewasser heraus, zerquetschte sie und brachte den Brei auf die Deckglasculturen der Trichosphaerien; schon nach wenigen Tagen waren sie reich mit grofsen Excretkrystallen erfüllt, die bei Diatomeennahrung schnell wieder verschwanden. Diese Beobachtungen erklären auch die Thatsache, dafs die an den Wänden der Aquarien lebenden Thiere viel spärlichere Excretkörner enthalten als die im Schlamm auf dem Boden lebenden; hier befinden sich viele Thierleichen, die zu Boden gesunken sind, dort nur Pflanzen als Nahrung. Dafs bei hungernden Trichosphaerien die Excretkörner verschwinden, ist verständlich (vergl. das Capitel über das Verhungern).

Auch Schewiakoff (93) erhielt bei *Paramaecium* gröfsere Excretkörner, wenn er in seiner Heu-Infusion ein Stück Fleisch abkochte. Er gibt auch eine plausibele Erklärung für diese Thatsache, die auf *Trichosphaerium* ebenfalls angewendet werden kann. »Bekanntlich enthalten die Muskeln gelösten phosphorsauren Kalk (in der Fleischasche 3.19 Procent phosphorsaurer

Kalk), welcher bei der Nahrungsaufnahme in die Nahrungsvacuolen aufgenommen wird und daselbst bei der Verdauung (Entziehung von Verdauungsstoffen) sich in Krystallen ausscheidet«.

5. Verschiedene Körnchen, Fett, Reservestoffe u. s. w. Von den zahlreichen körnerartigen Bildungen, die sich in der Grundsubstanz des Plasmas suspendirt befinden, läfst sich wenig sicheres aussagen, weil unsere Kenntnisse über die chemische Natur der feinsten Stoffwechselproducte nur sehr geringe sind. Überdiefs läfst die mikrochemische Methodik uns bei den Eiweifsstoffen fast ganz im Stiche.

Am leichtesten erkennbar sind noch fettartige Stoffe durch die Osmiumreaction. Auch bei *Trichosphaerium* finden sich bisweilen im Plasma kleine kugelige Tröpfchen von 1—2 μ Gröfse und starkem Lichtbrechungsvermögen, die bei Osmiumbehandlung schwarz werden und in Alkohol und Aether löslich sind. Doch finden sich solche Fetttröpfchen nur selten und spärlich bei diesem Rhizopoden, obwohl ich zahlreiche Individuen in verschiedenen Entwickelungsstadien daraufhin untersucht habe. Wenn sie vorhanden waren, kamen sie nur vereinzelt im Plasma zerstreut vor; grofse Öltropfen, wie man sie bei zahlreichen Schlickbewohnern vorfindet, habe ich bei *Trichosphaerium* nicht beobachtet.

Den Fettkügelchen ähnliche Körnchen, die sich aber mit Osmiumsäure nicht schwärzen und in Alkohol und Aether erhalten bleiben, finden sich stets in reichlicher Menge im Plasma. Sie besitzen nicht so starkes Lichtbrechungsvermögen wie die Fettkörner, sind kugelig oder oval, 1—2 μ grofs und bald in den Ecken zwischen den Plasma-Alveolen einzeln oder in kleinen Häufchen gelagert, bald bilden sie ganze Inseln im vacuolären Plasma. Es scheinen plasmatische Bildungen zu sein, wenigstens spricht hierfür die Thatsache, dafs sie sich mit allen Farbstoffen stets ebenso wie die Substanz der Alveolenwände färbten.

Rhumbler (94) beschreibt bei *Saccammina* ganz ähnliche Körperchen und macht den interessanten Versuch, sie aus der Wabenstructur des Plasmas abzuleiten. Er bezeichnet sie als »Wabenkörperchen« und glaubt, dafs sie aus Confluenz der Wandmasse geplatzter Vacuolen entstanden sind. Da Rhumbler nur conservirtes Material besafs, kann die Möglichkeit, dafs die Conservirung derartige Körnchen durch Zerstörung von Alveolen hervorgebracht hat, nicht von der Hand gewiesen werden. Er fafst diese Möglichkeit auch in's Auge, hat aber einen etwas anderen Gedankengang.

Es ist ihm sehr wahrscheinlich, dafs man die Wabenkörperchen in der lebenden Sarkode nicht antreffen wird. Hier werden dieselben jedenfalls sehr rasch sich mit der Wandmasse noch ungeplatzter Vacuolen vereinigen, so dafs ihre Existenz sich vielleicht wegen der Schnelligkeit, mit der sie verschwinden, nicht beobachten läfst. So weit kann ich diesem Autor beistimmen: wenn er aber meint, dafs der Alkohol (und sein Material war nur in 70procentigem Spiritus conservirt) die Verschmelzungserscheinungen festgehalten hätte, die im Leben ungemein schnell verlaufen dürften, so mufs ich hiergegen anführen, dafs nach meiner Erfahrung Alkohol allein bei *Saccammina* ebenso wenig wie bei anderen Rhizopoden das Plasma gut fixirt, sondern stets bedeutende Schrumpfungs-Erscheinungen hervorruft. So denke ich mir auch bei *Saccammina* die Wabenkörperchen durch Schrumpfung von Alveolen entstanden. — Für *Trichosphaerium* trifft diese Erklärung nicht zu, weil die fraglichen Körperchen auch im lebenden Plasma vorhanden sind, und zwar nicht verschwinden und wieder auftauchen, sondern lange Zeit an derselben Stelle zu beobachten sind. Ich möchte diese Gebilde daher am ehesten für körnig structurirtes Plasma halten, obwohl auch die Ansicht, dafs es Stoffwechselproducte, etwa Reservestoffe, sind, nicht ganz von der Hand zu weisen ist, namentlich mit Rücksicht auf ähnliche körnige Gebilde im Plasma der Coccidien, die sogenannten karminophilen Granula, die sich ebenfalls gegen Farbstoffe wie das Plasma verhalten.

Mit mehr Sicherheit als Reservestoffe anzusprechen sind Gebilde, die sich nur bei bestimmten Entwickelungsstadien des *Trichosphaerium* finden. Bei der Encystirung der Schizonten und bei der Sporulation der Sporonten treten im Plasma zahlreiche stark lichtbrechende Körnchen auf, die dann bei der weiteren Entwickelung der Cysten und der Schwärmer wieder verschwinden, also wohl resorbirt werden.

Über die chemische Natur dieser Körnchen habe ich verschiedene Reactionen auf Eiweifsstoffe vorgenommen:

1. in Jodlösung färben sie sich gelb bis braun,
2. in Pikrinsäure färben sie sich gelb,
3. in Millon's Reagens[1] färben sie sich ziegelroth,
4. in Haematoxylin-Eosin färben sie sich roth,
5. in Flemming's Dreifarbengemisch[2] färben sie sich orange.

[1] Quecksilber 10^{g}, rauchende Salpetersäure 10^{ccm}, Wasser 20^{ccm}.

[2] Safranin — Gentianaviolett — Orangegelb.

Sie sind leicht löslich in Ammoniak, Mineralsäuren und Essigsäure; unlöslich in Wasser, Glycerin, Alkohol und Aether. Ihre chemische Zusammensetzung scheint demnach mit den Proteinkrystalloiden übereinzustimmen, die ja auch meistens als Reservestoffe functioniren. Trotz des gleichartigen Verhaltens gegen die hier aufgezählten Farbstoffe und Reagentien scheinen doch die Reservekörnchen der Schizonten und Sporonten nicht identisch zu sein, was daraus hervorgeht, dafs die letzteren bei Lebendfärbung mit Bismarckbraun tief braun gefärbt werden, während die ersteren farblos bleiben.

6. Commensale Algen (Zooxanthellen) (Fig. 12, 13 Taf. IV; Fig. 52–57 Taf. VI). Labbé (95) gibt an, bei Trichosphaerien in Roscoff Zooxanthellen beobachtet zu haben. Aufser dieser Behauptung findet sich Näheres über diesen Gegenstand nicht in der Litteratur.

In der That findet man nicht selten Trichosphaerien, die zahlreiche braune, kugelige oder ovale Zellen enthalten, die grofse Ähnlichkeit mit gewissen commensalen Algen besitzen, die man unter dem Sammelnamen »Zooxanthellen« bei zahlreichen Proto- und Metazoen beschrieben hat. Bei *Trichosphaerium* findet man diese Zellen jedoch durchaus nicht immer, sondern es scheinen nur gelegentliche Mitbewohner des Weichkörpers dieses Rhizopoden zu sein. Ich habe sie nur in den vegetativen Stadien der Schizonten und Sporonten häufiger beobachtet. Beim Beginn der Fortpflanzung scheinen sie, wie alle übrigen Fremdkörper, vom Weichkörper ausgestofsen zu werden, während ich bei hungernden Thieren wiederholt beobachtet habe, dafs die braunen Zellen im Schwärmerzustand den Wirth verliefsen, wie weiter unten genauer geschildert werden soll. Obwohl doch *Trichosphaerium* sonst alles mögliche frifst, habe ich nie eine Andeutung davon gesehen, dafs auch diese braunen Zellen verdaut werden; man findet sie stets unversehrt im Plasma, selbst bei hungernden Individuen.

Obwohl auch bei Rhizopoden (s. *str.*) in zahlreichen Fällen Zooxanthellen beobachtet sind, fehlen doch genauere Angaben über diese Gebilde in dieser Protozoengruppe vollständig. Meistens geben die Beobachter nur an, dafs sie braune oder gelbe Einschlüsse des Protoplasmas gesehen hätten, die man vielleicht als Zooxanthellen ansprechen könnte. Dafs es sich wirklich darum handelt, wurde bewiesen nur in ganz wenigen Fällen, meines Wissens nur in drei: von Brandt (83) bei *Globigerina* und von Bütschli (86) bei *Orbitolites* und *Peneroplis*. In allen drei Formen waren

aber die Gebilde sehr von einander verschieden, so dafs ich nicht glaube, dafs man sie in einer Algengattung unterbringen kann. Überhaupt sind die unter dem Namen »*Zooxanthella*« bekannten Gebilde sehr verschiedener Natur: daher war es nothwendig, die braunen Zellen von *Trichosphaerium* genauer zu untersuchen, um zu sehen, ob sie zu bekannten commensalen Algen Beziehungen aufweisen.

Die braunen Zellen von *Trichosphaerium*, die regellos durch das ganze Plasma zerstreut sind, besitzen einen Durchmesser von 6–15 μ und zeigen im Leben eine braune bis braunviolette Farbe. Dieselbe stimmt ziemlich genau mit der Farbe überein, die F. E. Schulze (78) bei den Zooxanthellen von *Hircinia variabilis* beschrieben hatte, wie ich mich selbst an frischen Hircinien überzeugen konnte.[1] Im Übrigen sind die Formen aber nicht identisch, wie aus der folgenden Beschreibung hervorgehen wird.

Die Zellen besitzen eine starke, doppelt conturirte Membran, die bei kleineren farblos, bei grofsen leicht bräunlich gefärbt erscheint. Die Membran färbt sich mit Jod und Schwefelsäure blau. In Salzsäure quillt sie stark auf und nimmt bei darauf folgendem Zusatz von Jodjodkalium tief violette Färbung an. In concentrirter Schwefelsäure löst sie sich vollständig. Im polarisirten Licht erscheint sie deutlich doppelt brechend. Bei grofsen Zellen kann man bisweilen eine undeutliche concentrische Schichtung beobachten. Aus diesen Angaben folgt, dafs die Membran aus Cellulose besteht.

Der braune Farbstoff ist an zwei Chromatophoren gebunden, die dicht unter der Membran, fast die ganze Oberfläche der Zelle einnehmend, gelagert sind (Fig. 12). Sie haben die Gestalt von zwei Kugelcalotten und lassen nur einen schmalen Ring von farblosem Plasma zwischen sich auf dem Aequator der Zelle frei. Ihre Abgrenzung gegen das Zellinnere ist wegen des starken Lichtbrechungsvermögens des körnigen Plasmas nicht zu erkennen. Bei Behandlung mit Alkohol wird, wie bei den Zooxanthellen der Actinien (nach Brandt [83]), zuerst ein rother Farbstoff ausgezogen, während der zurückbleibende grüne Farbstoff länger der Lösung widersteht.

Derartige Chromatophoren sind meines Wissens noch nicht bei Zooxanthellen beobachtet, obwohl abgegrenzte Farbstoffkörper bei den gelben Zel-

[1] Eine goldgelbe Farbe, wie sie Brandt (a. a. O.) hier beschreibt, habe ich nicht beobachten können.

len der Anthozoen nach Brandt vorkommen sollen; doch finde ich keine Angaben über Gestalt und Zahl der Platten, vermag daher nicht zu sagen, ob sie ähnlich denen von Trichosphaerien sind, auch aus den Abbildungen ist nichts hierüber zu entnehmen.

Das Plasma der braunen Zellen enthält stets eine Anzahl stark lichtbrechender Körner; ein Theil derselben färbt sich mit Jod blau, ist also Stärke. Diefs ist ein wichtiger Unterschied von den Zooxanthellen der Actinien, mit denen die braunen Zellen von *Trichosphaerium* grofse Ähnlichkeit, besonders in Bezug auf den Farbstoff und die Gröfse besitzen. Dort kommt nämlich stets nur ein einziges grofses hohles Stärkekorn vor, das etwas andere chemische Zusammensetzung besitzt, auch nicht doppelt brechend wie echte Pflanzenstärke ist. Es färbt sich nämlich mit reinem Jod nicht blau, sondern gelb oder braun. Brandt hat die Ansicht, dafs es aus einer anderen Modification der Stärke besteht.

Ein Theil der Körnchen bei den *Trichosphaerium*-Zooxanthellen, die ebenso wie die Stärkekörnchen doppelt brechend sind, wird durch Jodbehandlung nicht verändert. Brandt, welcher feststellte, dafs derartige Körnchen bei fast allen Zooxanthellen vorkommen, hält sie für Assimilationsproducte, weil sie bei intensiver Belichtung der Organismen zahlreicher wurden. Bei *Trichosphaerium* besitzen sie grofse Ähnlichkeit mit den Excretkörnchen, mit denen sie auch im Verhalten gegen Säuren und Alkalien übereinstimmen, soweit sich diefs bei der Kleinheit dieser Bildungen ermitteln läfst; es dürfte daher nicht unmöglich sein, dafs es ähnliche Bildungen sind.

Die braunen Zellen besitzen einen ziemlich grofsen kugeligen Zellkern, der fast stets im Centrum der Zelle liegt. Im Leben erscheint er als helle Blase mit einem deutlichen stärker lichtbrechenden Binnenkörper. Am conservirten und gefärbten Object tritt ein deutliches chromatisches Netzwerk hervor, das ich für den optischen Ausdruck eines Alveolenwerks halte.

Die braunen Zellen vermehren sich durch Zweitheilung, wie diefs ja von vielen Zooxanthellen bekannt ist; daher will ich nicht näher hierauf eingehen. Über die vorausgehende Kerntheilung ist jedoch meines Wissens nichts Näheres bekannt geworden; daher dürften einige Angaben hierüber von Interesse sein.

Der ruhende Kern besitzt Kugelgestalt. Eine Membran vermochte ich mit den stärksten Vergröfserungen nicht wahrzunehmen. Untersucht man den mit Haematoxylin gefärbten Kern mit sehr starken Vergröfserungen,

so erscheint er vollständig und gleichmäfsig erfüllt von einem feinen, stärker gefärbten Netzwerk, das ich für den optischen Durchschnitt eines Alveolensystems halte; die Knotenpunkte des Netzwerks sind verdickt und am stärksten gefärbt; es macht den Eindruck, als ob hier noch besondere Körnchen eingelagert wären, indessen mufs ich diefs, der grofsen Kleinheit dieser Structuren wegen, unentschieden lassen. An der Oberfläche bilden die Maschen einen mehr oder weniger deutlichen Alveolarsaum, ebenso läfst sich diefs um den stets in der Einzahl vorhandenen Binnenkörper beobachten. Der letztere liegt nicht immer central, sondern bisweilen excentrisch, ja sogar an der Peripherie. Er besitzt kugelige oder ovale Gestalt, zeigt bedeutendes Lichtbrechungsvermögen und ist besonders stark mit Eisenhaematoxylin färbbar. Er behält bei Extrahiren den Farbstoff länger als das chromatische Gerüstwerk (Fig. 55 Taf. VI).

Netzartige Kernstructuren sind bei Zooxanthellen bereits von Brandt beobachtet, sollen aber selten sein (nur bei den gelben Zellen von *Convoluta*). Meist sind nach diesem Autor die Kerne homogen. Es ist mir wahrscheinlich, dafs diese Homogenität entweder durch die Fixirung hervorgebracht oder bei Anwendung zu schwacher Vergröfserungen vorgetäuscht ist: ich finde die netzige Structur bei den Zooxanthellen der Foraminiferen auch stets sehr deutlich.

Die ersten Anzeichen für den Beginn der Kerntheilung sind eine Abplattung des kugeligen Kerns und die Verdoppelung des Binnenkörpers. Es ist mir wahrscheinlich geworden, dafs der letztere sich durch einfache Durchschnürung theilt, weil ich bisweilen hantelförmig gestaltete Körperchen sah. Gleichzeitig hat eine Umlagerung des Alveolenwerks stattgefunden: die vorher unregelmäfsig durch den Kernraum vertheilten Alveolen haben sich zu parallelen Maschenzügen angeordnet, die durch den ganzen Kern von dem einen abgeplatteten Pol zum anderen ziehen. Besondere Differenzirungen an den Polen, wie Polplatten und Protoplasmakegel, sind nicht zu beobachten. Die Structur des Kerns erinnert auf diesem Stadium sehr an die Bilder, die Lauterborn (95) bei der Kerntheilung von *Ceratium* beobachtete. Er beschreibt auch, dafs der Kernraum von parallelen Chromatinfäden durchzogen wird, die zarte Verbindungsfäden zwischen sich erkennen lassen, und fafst die Structur ebenfalls als alveolär auf.

Ein weiteres Stadium der Kerntheilung zeigt Fig. 56 Taf. VI: der Kern hat sich bereits bedeutend in der Richtung der Kerntheilungsaxe in die

Länge gestreckt. Die Maschenzüge haben sich in der Aequatorialzone getheilt und bilden zwei durch eine ungefärbte Zone getrennte Abtheilungen; beim weiteren Auseinanderrücken derselben nimmt der Kern eine sanduhrförmige Gestalt an. Die Nucleolen sind als stäbchenförmige Gebilde zwischen den Maschenzügen des Chromatins zu erkennen. Das am meisten vorgeschrittene Stadium der Kerntheilung, welches ich beobachten konnte, ist in Fig. 57 Taf. VI abgebildet; die chromatischen Theile haben sich schon bedeutend von einander entfernt. Im ungefärbten Abschnitt der Kernspindel ist genau in der Mitte zwischen den beiden Kernpolen eine intensiv färbbare Platte aufgetreten, die auf der Theilungsaxe des Kerns senkrecht steht. Dieselbe dürfte ein ähnliches Gebilde sein wie die sogenannte »Zwischenplatte« Strafsburger's. Sie bezeichnet die Ebene, in welcher die Trennung der beiden Tochterzellen erfolgt. Man kann sie noch deutlich nachweisen, wenn die Scheidewand zwischen den beiden Zellen schon ausgebildet ist; sie liegt als linsenförmiger Körper im Centrum derselben. Auf diesem Stadium haben die Tochterkerne bereits wieder die Structur des ruhenden Kerns angenommen (Fig. 54 Taf. VI).

Die Art der Kerntheilung, welche hier nur in wenigen Stadien geschildert werden konnte, kann man wegen der charakteristischen fädigen Umlagerung des Chromatins nicht als directe ohne weiteres bezeichnen. Ebenso wenig ist es aber eine typische Mitose. Ich möchte sie, wie zahlreiche Kerntheilungsmodi der Protozoen, die in den letzten Jahren bekannt geworden sind, als eine Zwischenstufe der mitotischen und amitotischen Kerntheilung auffassen und sie am ehesten mit der Kerntheilung von *Ceratium* nach Lauterborn (95) vergleichen, möchte aber bezüglich des Binnenkörpers die Muthmafsung aussprechen, dafs er eine ähnliche Rolle spielt wie das »Nucleolo-Centrosoma« bei verschiedenen Amoeben und Flagellaten. Bei anderer Gelegenheit werde ich eingehender auf diese Frage, die für die Phylogenie der Kerntheilung von Wichtigkeit ist, zurückkommen.

Bereits am Anfang dieses Capitels wurde erwähnt, dafs bei hungernden Trichosphaerien die Zooxanthellen die Thiere als Schwärmer zu verlassen im Stande sind. Ich habe viermal Gelegenheit gehabt, diesen Vorgang zu beobachten, und will ich etwas näher darauf eingehen, weil es für die Frage nach der Zugehörigkeit der Zooxanthellen von Wichtigkeit ist.

Bei meinen Hungerculturen schlüpften die Zooxanthellen stets auf dem Stadium der Degeneration aus, in welchem fast alle Nahrungsreste ausge-

stofsen waren und das Plasma anfieng, grob vacuolisirt zu werden (vergl. das Capitel über Verhungern). Die Kerne zeigten schon den Beginn der Zusammengruppirung in kleine Häufchen. Das erste Anzeichen, dafs eine Zooxanthelle bald ausschlüpfen wird, besteht in einer rotirenden Bewegung des Plasmas innerhalb der Zellulosehülle. Wenn diese ziemlich lebhafte Rotation eine kurze Zeit (etwa 10 Minuten) angedauert hat, platzt plötzlich die Membran an einer Stelle, und aus dem mit zackigen Rändern versehenen Rifs drängt sich teigartig das Protoplasma heraus und kriecht nach Art einer Amoebe in Gestalt eines ovalen braunen Klümpchens aus dem Wirthsthier heraus (Fig. 13 Taf. IV). Das Kriechen hat grofse Ähnlichkeit mit der Bewegung von *Amoeba limax* unter lebhaftem Vorwärtssprudeln des Protoplasmas. Nachdem der kleine Plasmaklumpen eine Weile umhergekrochen ist, tritt allmählich Ruhe in seinem Plasma ein; er nimmt ovale Gestalt an und bildet an einer Seite dicht unter dem Pole des Ovoids eine seichte Vertiefung. Ganz unmerklich erheben sich vom Grunde dieser Grube zwei hyaline Fortsätze, die sofort vom Beginn ihrer Erhebung an in lebhaft flirrender Bewegung sind, immer länger werden und schliefslich zwei gleich lange Geifseln darstellen, mit deren Hülfe die zum Schwärmer gewordene Zooxanthelle sich fortbewegt. Gleichzeitig mit der Erhebung des Plasmas und seiner Umbildung zu Geifseln bildet sich vom Grunde der Einsenkung eine schlundartige Röhre, die etwas gebogen eine kurze Strecke in das Plasma sich erstreckt. Bei der Beobachtung dieser Erscheinungen kam mir unwillkürlich die Idee, dafs die Geifselbildung und die Schlundentstehung in ursächlichem Zusammenhang stehen, etwa derart, dafs beim Hervorwachsen der Geifseln das Material hierzu den Defect der Schlundröhre erzeugt. Eine Rolle bei der Ernährung spielt diese Röhre wohl ebenso wenig hier wie bei zahlreichen anderen holophytisch lebenden Flagellaten.

Die Chromatophorenplatten sind dorsal und ventral (ventral die Schlundseite) dicht unter der Oberfläche gelagert. Sie zeigen genau dieselbe Gestalt und Anordnung wie die entsprechenden Gebilde bei den Angehörigen der Flagellatengattung *Cryptomonas*, mit denen die Schwärmsporen auch in Bezug auf Gestalt, Schlund und Geifseln übereinstimmen, so dafs ich glaube mit grofser Wahrscheinlichkeit die Schwärmer in diese Gattung stellen zu können.

Ich komme demnach zu dem Resultat, dafs die Zooxanthellen von *Trichosphaerium* nicht Algen, etwa Melanophyceen (nach Brandt) sind, son-

dern Ruhestadien von Flagellaten, die ich zur Gattung *Cryptomonas* stelle und provisorisch mit dem Speciesnamen *Cr. brandti* zu Ehren des Erforschers der Zooxanthellen belege. Provisorisch nenne ich den Namen darum, weil es nicht ausgeschlossen ist, daſs eine genaue Untersuchung des Zeugungskreises der Cryptomonadinen vielleicht eine Identificirung mit einer schon bekannten Species möglich macht; vor der Hand ist dieſs aber bei unseren geringen Kenntnissen von den Lebensschicksalen der Flagellaten nicht möglich. Sehr gut mit meiner Auffassung stimmt die Kerntheilung überein, die, wie bereits früher erwähnt, auſserordentlich an die Kerntheilungen der frei lebenden Flagellaten erinnert.

Ähnliche Umbildung der Zooxanthellen in Schwärmer, wie sie hier geschildert wurden, hat Brandt (83) bei den von den *Trichosphaerium*-Commensalen sehr abweichenden gelben Zellen der koloniebildenden Radiolarien constatirt. Er nannte diese Form zuerst *Zooxanthella nutricula* (1881), wies dann aber (1884) darauf hin, daſs das Schwärmerstadium groſse Ähnlichkeit mit *Exuviaella marina* besitzt, einer Flagellate, die Cienkowski (81) im Weiſsen Meere entdeckte. Klebs (84) zeigte dann, daſs *Exuviaella* wahrscheinlich identisch ist mit *Dinopyxis laevis* Stein einem Dinoflagellaten, so daſs also Brandt zu dem Resultat kommt, daſs die gelben Zellen von Radiolarien nur Ruhezustände der Peridinee *Dinopyxis* mit groſser Wahrscheinlichkeit sind.

Für die gelben Zellen von *Acanthometra* suchte Brandt (83) Beziehungen zu ganz anderen Organismen wahrscheinlich zu machen, nämlich zu den räthselhaften Labyrinthuleen, die Cienkowski (67) entdeckt hatte. Besonders stützt er sich hierbei auf den Stärkegehalt, die gelbe Färbung und die spindelförmige oder ovale Gestalt der Zellen von *Labyrinthula vitellina* Cienk., die gewisse Ähnlichkeit mit den spindelförmigen Commensalen von *Acanthometra* zweifellos besitzen. Sicher scheint mir dieſs aber durchaus nicht zu sein, um so weniger, als ich bei der nahe verwandten *Labyrinthula macrocystis* Cienk. mich davon überzeugen konnte, daſs diese Form ein an und in Algen schmarotzender Rhizopode ist; der Stärkegehalt derselben rührt aus den verzehrten Algen her, wie ich in einer besonderen Arbeit, die über die Organisation dieses Wesens handeln wird, nachweisen werde.

Als allgemeines Resultat dieser Betrachtungen ergibt sich die Thatsache, daſs man über die Natur und systematische Stellung der Zooxan-

thellen erst aus ihrem freilebenden Stadium Aufklärung erlangen kann. Ferner lehren schon Brandt's Untersuchung über die gelben Zellen der Radiolarien und meine hier vorliegende über die Commensalen von *Trichosphaerium*, dafs die unter dem Namen »*Zooxanthella*« zusammengefafsten Gebilde sehr verschiedener Natur und Herkunft sind. Hier eröffnet sich noch ein weites Feld der Untersuchung sowohl für den Botaniker als den Zoologen.

b. Die Grundsubstanz des Weichkörpers.

Während die älteren Protozoenforscher die Substanz, welche die verschiedenen geformten Inhaltsgebilde des Weichkörpers verbindet, für durchaus gleichartig hielten und sie deshalb »homogene Grundsubstanz« der Sarkode nannten, haben die neueren Untersuchungen, die mit stärkeren Vergröfserungen und besseren technischen Hülfsmitteln arbeiteten, erkannt, dafs auch diese Substanz in vielen Fällen noch zusammengesetzter Art ist oder wie man auch sagte »eine feinere Structur besitzt«.[1] Zunächst glaubte man, dafs diese Structur in einer sehr gleichmäfsigen Granulirung bestehe. In neuerer Zeit suchte man aber, offenbar unter dem anregenden Einflufs der Plasmatheorien von Fromman, Bütschli, Flemming und Anderen, eine complicirtere Structur nachzuweisen. Bei den Rhizopoden kommen die meisten neuesten Untersucher, von denen ich nur Bütschli, Erlanger, Lauterborn, Rhumbler, Schaudinn, Schewiakoff erwähne, übereinstimmend zu dem Resultat, dafs die feinste noch sichtbare Structur des Protoplasmas eine alveoläre im Sinne der Bütschli'schen Wabentheorie sei, was sogar von heftigen Gegnern dieser Theorie, wie z. B. Flemming, anerkannt wurde.

Im Wesentlichen zeigt die Grundsubstanz des Weichkörpers von *Trichosphaerium* ähnlichen Bau, wie ich (95) ihn eingehend bei der Foraminifere *Calcituba* beschrieben habe. Die Auffassung von der Structur, welche ich mir dort gebildet habe, gilt auch für *Trichosphaerium*. Es ist folgende: die Grundsubstanz ist aus zwei optisch-differenten Bestandtheilen zusammengesetzt. Eine stärker lichtbrechende und eine hellere Substanz sind in Form

[1] Nach meinem Sprachgefühl eine etwas schiefe Ausdrucksweise, weil man bei Flüssigkeiten, deren das Protoplasma doch eine ist, nicht von Structur zu sprechen pflegt. Doch hat sich der Ausdruck zu sehr eingebürgert, um ihn mit Erfolg durch einen anderen, etwa »Zusammensetzung« oder »Aufbau«, zu ersetzen.

einer Emulsion durch einander gemengt, doch in äufserst feiner und gleichmäfsiger Weise. Die hellere Substanz erfüllt in Tröpfchenform die stärker lichtbrechende so vollständig, dafs die letztere optisch nur als das Fadenwerk eines feinen Netzes erscheint, während die hellen Tropfen die Maschenräume bilden.

Dafs die stärker lichtbrechende Substanz nicht eine feste Structur besitzt und etwa ein spongiöses Gerüstwerk darstellt, beweist die Thatsache, dafs die hellen Tröpfchen ihre Gestalt und Anordnung, wenn auch äufserst langsam, ändern, was nur möglich ist, wenn sie in eine flüssige Masse eingebettet sind. Das starke Lichtbrechungsvermögen dieser Substanz deutet wohl eine zähflüssige Consistenz an.

Am lebenden Thier überzeugt man sich am leichtesten von der Alveolarstructur des Protoplasmas bei den Sporonten; wenn dieselben sich flach auf dem Deckglas ausgebreitet haben, vermag man an den dünnen Randpartien des Weichkörpers die Vacuolisirung ausgezeichnet zu studiren. *Trichosphaerium* ist für das Studium der feinsten Plasmastructuren beinahe ein noch günstigeres Object als die Foraminiferen, weil das Plasma hier nur äufserst langsam sich bewegt, während bei jenen, wie ich bei *Calcituba* nachgewiesen habe, sehr lebhafte Strömungen fortwährend das Bild ändern. Diesem Vortheil steht allerdings ein kleiner Nachtheil gegenüber. Bei den Foraminiferen ist nämlich das Lichtbrechungsvermögen des Alveoleninhalts sehr viel geringer als das der Wandsubstanz, während bei *Trichosphaerium* dieser Unterschied etwas weniger stark ausgeprägt ist; daher erscheint das Netzbild bei letzterem Rhizopoden etwas blasser. Indessen kann man auch hier durch geeignetes Abblenden (was nicht ganz leicht ist) sehr scharfe und klare Bilder erhalten. Als Lichtquelle ist besonders Gasglühlicht oder noch besser Zirkonlicht zu verwenden, mit letzterem kann man noch bei 3000facher Vergrösserung gut arbeiten; Tageslicht ist für das Studium derartiger Structuren nicht zu verwenden.

Bei conservirten und gefärbten Thieren ist die alveoläre Structur der Grundsubstanz naturgemäfs leichter zu erkennen als beim lebenden Thier; dafs bei Anwendung meiner Fixirungsmittel (Sublimatmischungen) die Structur jemals verändert war, habe ich nicht beobachtet, vielmehr habe ich mich durch genaue Messungen überzeugt, dafs keinerlei Schrumpfung eintritt.

Beim gefärbten Object treten besonders deutlich als stärker tingirte Punkte die Knoten des Maschenwerks hervor. Ob hier besondere Körnchen

liegen oder nur die Alveolenwandsubstanz stärker angehäuft ist, läfst sich bei der Kleinheit der Bildungen schwer nachweisen. Dafs wirklich besondere körnige Bildungen, die sich ebenso wie die Wandsubstanz der Alveolen färben, nicht nur in den Knotenpunkten der Maschen, sondern auch gehäuft als kleine Körnerinseln zwischen den Alveolen vorkommen, ist bereits früher gesagt worden (vergl. das Capitel über Körnerbildungen). Doch sind die Bildungen von constanter, ziemlich bedeutender Gröfse (1 μ) und nicht mit den kleinen Knotenpunkten des Maschenwerks zu verwechseln. Die Frage, ob es besondere Structuren des Plasmas oder Stoffwechselproducte sind, ist auch in jenem Capitel discutirt worden, konnte aber nicht mit Sicherheit entschieden werden.

Als schönste Färbung für die feinste Plasmastructur erwies sich die Eisenhaematoxylinfärbung nach Heidenhain; fast ebenso gute Bilder ergab aber auch Fixirung mit Flemming's Chromosmiumessigsäure und Nachbehandlung der Schnitte mit Holzessig (nach von Mährenthal).

Die Untersuchung der verschiedenen Entwickelungsstadien von *Trichosphaerium* ergab bezüglich der Alveolarstructur der Grundsubstanz keine Unterschiede, und ist daher eine besondere Besprechung derselben überflüssig. Nur auf einige Unterschiede gegenüber den Foraminiferen will ich noch hinweisen.

Die Gröfse der Alveolen ist bei *Trichosphaerium* stets sehr gleichmäfsig ($\frac{1}{2}-1\mu$), viel constanter als bei *Calcituba* und anderen Thalamophoren. Dort liefsen sich alle Übergänge von den kleinsten Alveolen ($\frac{1}{2}\mu$ und kleiner) bis zu grofsen (20μ und gröfser) Vacuolen nachweisen, und auch Zusammenfliefsen kleinerer zu gröfseren konnte beobachtet werden. Hier finden sich zwar auch grofse Flüssigkeitsvacuolen, doch deutet schon ihr heller, viel schwächer lichtbrechender Inhalt darauf hin, dafs es andersartige Bildungen sind als die kleinen Plasma-Alveolen (vergl. das Capitel über die Vacuolen), und die Entstehung solcher Vacuolen durch Vereinigung der kleinen Alveolen konnte ich niemals beobachten und auch keine Übergänge zwischen den beiden Bildungen auffinden.

Dort war das ganze Protoplasma fortwährend in lebhafter Strömung begriffen, und wechselten die Alveolen jeden Augenblick ihre Lage zu einander; hier kann man sich nur mit grofser Mühe, mit Hülfe des Zeichenapparats, davon überzeugen, dafs überhaupt Verschiebungen im Protoplasma stattfinden.

Über die Umordnung des Alveolenwerks zu faserig-maschigen Structuren und über die hyaline Grundsubstanz an den Pseudopodienöffnungen wird das Capitel über die Pseudopodien nähere Angaben enthalten.

c. Die Pseudopodien.

Durch die Öffnungen der Hülle vermag *Trichosphaerium* lange, fadenförmige, drehrunde, hyaline Pseudopodien auszustrecken, und zwar tritt stets nur ein einzelner Plasmafortsatz aus jeder Öffnung heraus. Derselbe ist von seiner Basis bis zum Ende gleichmäfsig dick und endet halbkugelig abgerundet. Die Pseudopodien der Schizonten und Sporonten zeigen keine Unterschiede. Die Länge und Dicke derselben ist bei demselben Individuum fast gleich, bei verschiedenen Thieren aber variabel. Bei vollkommen ausgebildeten Exemplaren können die Pseudopodien eine Breite von 8 μ und eine Länge von 90 μ erreichen.

Merkwürdigerweise herrscht über die äufsere Gestalt der Pseudopodien, die doch der Beobachtung keine grofsen Schwierigkeiten bereitet, wenig Übereinstimmung unter den Autoren. Schneider (78) schildert sie als kurz stäbchenförmig, »nur wenig länger als die Borsten« (die Stäbchen der Hülle). Diese Angabe ist nicht richtig; vielleicht hat Schneider die Pseudopodien nur beim Beginn des Ausstreckens gesehen. Greeff (69*a*) und Gruber geben eine richtige Darstellung. Gruber (83) will jedoch aufser den fadenförmigen noch eine zweite Art von Pseudopodien gesehen haben, nämlich breite, lappenförmige Fortsätze, jedoch nur, wenn das Thier sich stark abflachte. Der letztere Umstand macht es wahrscheinlich, dafs diese Bildungen durch zu starken Deckglasdruck veranlafste Kunstproducte sind, wenigstens habe ich in solchen Fällen bisweilen das Protoplasma in Lappenform aus der Hülle hervortreten sehen. Bei normalen Individuen finden sich derartige Plasmafortsätze nicht. Eine vollständig abweichende Darstellung gibt Möbius (89) von den Pseudopodien der Kieler Form. Aus den Poren der Hülle tritt das Protoplasma des Weichkörpers in der Form rundlicher Läppchen hervor. »Das austretende Plasma ist farblos; es enthält feine Körnchen, oft auch Stäbchen. Die hervorkommenden Klümpchen bilden kleinere lappige einfache oder gröfsere verzweigte Massen. Diese eigenthümlichen Pseudopodien treten besonders an solchen Stellen aus den Poren der Hülle hervor, wo diese von anliegenden Pflänzchen berührt wird,

um welche sich dann die Pseudopodien herumlagern.« Derartige Gebilde hat aufser Möbius kein anderer Autor beschrieben; auch habe ich niemals Ähnliches gesehen. Greeff (92) glaubt, dafs diese Plasmaklümpchen durch Deckglasdruck veranlafst seien, übersieht aber, dafs Möbius ausdrücklich angibt im hängenden Tropfen beobachtet zu haben und die Deckgläser mit Wachsfüfschen unterstützte. Demnach ist diese Erklärung der Abweichung ausgeschlossen. Da Möbius die merkwürdigen Pseudopodien nicht nur beschreibt, sondern auch gut abbildet, kann man an ihrer Existenz nicht zweifeln, und trete ich der Annahme Greeff's bei, dafs Möbius eine abweichende Form (andere Art oder Varietät, vergl. den systematischen Theil) vorgelegen hat, was auch durch den Bau der Stäbchen und die Fortpflanzung, die ebenfalls von dem typischen *Trichosphaerium* abweichen, wahrscheinlich wird.

Gruber (83) machte schon die Beobachtung, dafs die Pseudopodien der Trichosphaerien sich langsam hin- und herbiegen; diefs kann ich bestätigen. Wenn man die Thiere vollkommen ungestört im hängenden Tropfen oder Mikro-Aquarium beobachtet, bemerkt man an den Pseudopodien langsam nutirende Bewegungen, welche die gröfste Ähnlichkeit mit der Drehbewegung haben, welche ich (94) bei den Pseudopodien des *Camptonema nutans* beschrieben habe. Wie dort, führen auch hier nicht alle Pseudopodien zugleich die bezeichnete Bewegung aus, sondern nur einzelne. Sie beschreiben dabei einen bald sehr spitzen, bald stumpfen Kegelmantel, d. h. sie bleiben in ihrer ganzen Länge gerade gestreckt und biegen sich nur an ihrer Basis. In anderen Fällen kann sich die Biegung aber auch auf das ganze Pseudopodium erstrecken, oder in der Mitte und selbst in der Nähe der Spitze gelegen sein. Ähnliche Pseudopodien-Bewegungen sind selten bisher beobachtet. Bütschli (78) gibt an, dafs bei *Amoeba* (*Dactylosphaerium*?) *radiosa* die fadenförmigen Pseudopodien bisweilen drehende Bewegungen ausführen oder mit ihren Spitzen leicht hin- und herpendeln. Sehr ähnliche Bewegungen hat Gruber (82) bei seiner *Amoeba tentaculata* beschrieben; doch ist diese Form, wie bereits früher erwähnt wurde, höchst wahrscheinlich identisch mit den Sporonten von *Trichosphaerium* und daher die Übereinstimmung der Pseudopodien nicht wunderbar.

Während die Pseudopodien bezüglich der Nutationsbewegung mit denen von *Camptonema* vollkommen übereinstimmen, ist ihre Structur und Function eine andere. Sie besitzen keinen Axenfaden wie die von *Camptonema*, son-

dern sind im Leben wie beim conservirten Thier vollkommen hyalin; keine Spur von Körnelung ist mit den stärksten Vergröfserungen daran wahrzunehmen (Taf. II f. 21, III, 3). Auch knicken sie nicht bei Berührung an der berührten Stelle plötzlich um, wie dort, sondern sie collabiren langsam, indem sie ihre glatten Conturen verlieren, und werden dann allmählich eingezogen. Ihre Oberfläche ist nicht kleberig, Fremdkörper bleiben nie daran haften. Daher vermitteln sie auch nicht die Nahrungsaufnahme, indem sie Nährobjecte herbeischaffen. Ebenso wenig dienen sie zur Locomotion, die durch Dahinfliefsen des Plasmas erfolgt, wie bereits früher ausführlich geschildert wurde. Sie scheinen vielmehr nur als Tastapparate zu functioniren, was Gruber (82) auch für seine *Amoeba tentaculata* als wahrscheinlich annimmt. Er sagt z. B., dafs an dem vorantreibenden Theil des Körpers bei der Bewegung die Pseudopodien mit ihren Kegeln erhalten bleiben »und so gewissermafsen als Fühler wirken können«, eine Beobachtung, die man bei *Trichosphaerium* ebenfalls leicht machen kann, und zwar sind hierbei die Pseudopodien alle nach vorn gerichtet und führen dabei ihre Drehbewegungen aus.

Um etwas über den feineren Bau der Pseudopodien zu ermitteln, habe ich dieselben im Leben und conservirt mit den stärksten Vergröfserungen und nach Anwendung der verschiedensten Färbungsmethoden studirt, aber das ausgestreckte Pseudopodium stets völlig structurlos und glasartig hyalin gefunden. Es ist sehr stark lichtbrechend, was auf eine grofse Zähigkeit hinweist. Hierin stimmt der Charakter des Pseudopodienplasmas sehr mit dem von *Hyalopus* überein, welches von Bütschli sehr genau studirt wurde und ihm die Umbildung von vacuolärem Plasma in hyalines bewies. Ich konnte die Beobachtungen Bütschli's (92) an *Hyalopus* bei *Trichosphaerium* in ganz entsprechender Weise machen und will sie daher nur ganz in Kürze anführen. Bütschli sagt: »Das Einzige von Structur, was man bisweilen an stärkeren Pseudopodien wahrnehmen konnte, ist ein ziemlich dicker, dunkler Grenzsaum, welcher pelliculaartig erscheint, und darunter ein heller Rand. Beides erinnert lebhaft an eine Alveolarschicht. Mit Rücksicht auf diese Beschaffenheit der Pseudopodien verdiente ihr Ursprung aus dem alveolären Plasma des Weichkörpers besondere Beachtung«. Sowohl am lebenden wie am conservirten Object kann man sich leicht davon überzeugen, dafs die structurlose Plasmamasse der Pseudopodien direct aus der alveolären des Weichkörpers hervorgeht. Gegen die Basis des Scheinfüfschens

zu werden die Alveolen des Plasmas immer mehr längsgestreckt und blässer, so dafs sie optisch das Bild eines nach der Basis des Pseudopodiums zu convergirenden Faserbündels machen. Leichter als eine Beschreibung kann Fig. 3 Taf. IV diefs Verhalten illustriren. Die Streifung oder richtiger die radiäre Anordnung der Alveolenzüge dürfte durch Flüssigkeitsabgabe des Pseudopodienplasmas mit einiger Wahrscheinlichkeit erklärt werden, in ähnlicher Weise wie die radiäre Anordnung der Plasma-Alveolen um die contractile Vacuole bei ihren Pulsationen.

Den klarsten Beweis für die Entstehung des hyalinen aus dem alveolären Plasma erhält man durch directe Beobachtung der Umbildung des hyalinen in alveoläres innerhalb der Pseudopodien. Wenn man das ausgestreckte, vollkommen hyaline Scheinfüfschen berührt, so collabirt es, wird schlaff und nimmt eine unregelmäfsig wellige und buckelige Gestalt an, und sofort tritt in den Buckeln eine deutliche Alveolarstructur auf, während das Lichtbrechungsvermögen an der alveolären Stelle abnimmt (vergl. Fig. 22 Taf. III), was man im Gegensatz zum Hyalinwerden des Plasmas doch am besten durch Flüssigkeitsaufnahme erklärt. Beim Hyalin- und Zähwerden des Pseudopodienplasmas wurde Flüssigkeit abgegeben (die Flüssigkeitströpfchen oder Alveolen verschwanden gegen das Pseudopodium zu, immer kleiner werdend), beim Collabiren wurde das Plasma flüssiger durch Aufnahme von Flüssigkeit und Abscheidung derselben in Tröpfchenform (Wiederauftreten der Alveolarstructur). Bütschli postulirt auch für das hyaline Plasma eine alveoläre Structur, meint nur, dafs sie mit unseren optischen Hülfsmitteln noch nicht wahrnehmbar sei. Als Beweis hierfür sieht er die Fähigkeit des hyalinen Plasmas, sich in wabiges umzubilden, und das umgekehrte Verhalten an. Für hyalines Plasma, das schwächer lichtbrechend oder, besser gesagt, flüssiger ist als das wabige, mag diefs vielleicht zugegeben werden können, aber für zähflüssigeres scheint mir meine Erklärung etwas weniger künstlich zu sein, wenn man überhaupt bei diesen Fragen von Beweisen und Erklärungen sprechen darf. Richtiger dürften wohl derartige hypothetische Erörterungen nur als Erläuterungen der Beschreibung oder Umschreibungen der Beobachtungen aufgefafst werden. Eine mechanische Erklärung ist vor der Hand für derartige Lebenserscheinungen nicht möglich, und Hypothesen über dieselben haben nur einen gewissen heuristischen Werth.

d. Die Kerne.

Bei den früheren Erforschern des *Trichosphaerium* finden sich keine bestimmten Angaben über die Kernverhältnisse. Gruber (83) färbte die Thiere mit Karmin und sah bisweilen im Plasma kleine gefärbte Partikel, die er aber nicht als Zellkerne anzusprechen wagte. Möbius (89) hat bei seiner Kieler Form vielleicht schon die Kerne gesehen; nach Safraninfärbung waren zahlreiche »runde Körperchen« roth gefärbt, von denen dieser Forscher die Vermuthung ausspricht, dafs es kleine Kerne sein könnten. Nähere Angaben finden sich nicht in der Litteratur, obwohl die Kerne nicht klein sind und leicht gefärbt werden können.

Im allgemeinen sind die Kernverhältnisse von *Trichosphaerium* schon bei Schilderung des Zeugungskreises erörtert worden. Bei der Beschreibung der einzelnen Entwickelungsstadien finden sich stets Angaben über das Verhalten der Kerne, über ihre Zahl, Gestalt, Gröfse und Anordnung im Protoplasma. In diesem Capitel erübrigt es daher nur noch, eine genauere Schilderung der feineren Structur der einzelnen Kerne und der Art der Kerntheilung zu geben, die, wie bereits früher erwähnt wurde, stets in gleicher Weise erfolgt.

Der feinere Bau der ruhenden und sich theilenden Kerne ist bei den Schizonten und Sporonten vollkommen gleich; deshalb ist eine gesonderte Besprechung der Kernverhältnisse bei diesen beiden Generationen überflüssig.

Wie wir gesehen haben, ist *Trichosphaerium* während des gröfsten Theils seines Lebens vielkernig, nur die Sporogone und Schizogone besitzen einen Kern. Auch ist bereits erwähnt worden, dafs bei jeder Kernvermehrung alle Kerne sich gleichzeitig theilen, wodurch die Zahl der Kerne in einem Individuum mit einem Male verdoppelt wird. Es ist nun von besonderem Interesse, dafs diese Übereinstimmung der Lebensäufserungen der Kerne sich auch bis auf die feinste Structur erstreckt. Innerhalb eines Individuums befinden sich alle Kerne in genau demselben Stadium und weisen die gleiche Structur auf; und zwar zeigt sich diefs Verhalten in allen Entwickelungsstadien. Bei der Kerntheilung tritt diefs besonders frappant hervor; so kann man z. B. auf dem Stadium der Tochterplatten durch genaue Messung aller Kerne, die auf den Schnitten in gleicher Lage getroffen sind, nachweisen, dafs in denselben die Tochterplatten stets gleich weit von einander entfernt sind.

Meines Wissens ist bisher ein ähnliches Verhalten der Kerne einer Zelle nur in einem Falle beschrieben worden, und zwar bei der stets zweikernigen *Amoeba binucleata* Gruber. Schon Gruber (84) hatte beobachtet, dafs die Gröfse und Zahl der Chromatinbrocken in Kernen eines Individuums übereinstimmte, und schlofs hieraus »auf eine Congruenz in den Lebenserscheinungen der beiden Nuclei«. Später konnte ich (95) dann nachweisen, dafs die beiden Kerne sich stets in demselben Entwickelungsstadium befanden, die gleiche Structur besitzen und sich auch gleichzeitig mitotisch theilen, so dafs die Amoebe vierkernig wird. Hierauf theilt sich dieselbe in zwei zweikernige Stücke, woraus folgt, dafs die Zelle stets zweikernig war und dafs die beiden Kerne wie einer functionirten.

Bei *Trichosphaerium* wird das zweikernige Stadium, auf dem *Amoeba binucleata* stehen geblieben ist, auch durchlaufen, sowohl von den Schizonten als den Sporonten (die einkernigen Schizogone wie die Zygoten werden zweikernig, dann vierkernig, achtkernig u. s. w.), doch ist es hier nur von kurzer Dauer. — Eigene Beobachtungen an verschiedenen Rhizopoden haben es mir wahrscheinlich gemacht, dafs mehrere vielkernige Protozoen eine ähnliche »Congruenz« der Kerne aufweisen, doch werde ich hierauf bei anderer Gelegenheit eingehen.

Für das Studium der feineren Kernstructuren und der Kerntheilung von *Trichosphaerium* bietet die Übereinstimmung der Kerne eines Individuums einen Vorzug und einen Nachtheil gegenüber Objecten mit differenten Kernen. Der Vorzug besteht darin, dafs man auf Schnitten durch ein Individuum das betreffende Kernstadium sehr genau studiren kann, weil die zahlreichen Kerne in den verschiedensten Stellungen vom Messer getroffen werden. Ein Nachtheil ist es, dafs man sehr zahlreiche Thiere in Schnittserien zerlegen mufs, um alle Übergänge zwischen den einzelnen Kernstadien zu erhalten. Sehr erleichtert wird diese Arbeit, wie bereits bei Angaben über die Untersuchungsmethoden erwähnt wurde, durch die Centrifuge. Man kann mit Hülfe derselben unbegrenzte Mengen von Thieren zugleich behandeln und schneiden. Die Untersuchung der Serien und das Herausfinden bestimmter Stadien wird dann durch Zuhülfenahme eines verschiebbaren Objecttisches mit Nonius ermöglicht. Auf diese Weise habe ich im Laufe der Jahre gut einige Tausend Individuen auf ihre Kernstructuren untersucht, und ich glaube wohl kaum ein Stadium übersehen zu haben.

Über den lebenden Kern vermag man bei *Trichosphaerium* nicht viel auszusagen, weil die Kerne wegen der zahlreichen undurchsichtigen Inhalts-

gebilde des Plasmas schwer zu erkennen sind. Die Schizonten sind wegen des starken Lichtbrechungsvermögens der Hüllenstäbchen für diese Untersuchung ganz unbrauchbar. Bei den Sporonten vermag man auch nur bisweilen in helleren Randpartien die Kerne zu erkennen. Am deutlichsten sind sie in den vorbereitenden Stadien der Sporogonie und in den jungen Schizonten und Schizogonen zu beobachten. Etwas weniger günstig sind wegen des starken Lichtbrechungsvermögens ihres sehr compacten Plasmas die Sporogone, doch tritt der Kern hier ebenfalls sehr klar hervor, wenn sie nach der Copulation gröber vacuolisirt werden; ich vermochte daher, wie ja bereits früher erwähnt wurde, die Kernverschmelzung ohne grofse Schwierigkeit im Leben zu beobachten. Bei schwächerer Vergröfserung erscheint der lebende Kern als scharf begrenzter heller Fleck im Protoplasma; von Flüssigkeitsvacuolen ist er durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen leicht zu unterscheiden. Bei Anwendung stärkster Vergröfserung und künstlichen Lichtes (Gasglühlicht) bemerkt man, dafs derselbe eine deutlich doppelt conturirte dünne Membran besitzt, die sich von dem Inhalt und dem umgebenden Plasma durch etwas stärkeres Lichtbrechungsvermögen abhebt.

Im Innern des Kerns befindet sich ein zartes reticuläres Maschenwerk, in dessen Knotenpunkten stärker lichtbrechende Körnchen eingelagert sind; nicht selten sind auch die Fäden des Netzwerks mit Körnchen bedeckt, während bisweilen die Structur einen vacuolären Eindruck macht, indem kleine helle Tropfen durch eine homogene oder feinkörnige Masse vertheilt sind. In manchen Kernen tritt ein gröfserer stärker lichtbrechender Binnenkörper hervor, um den die anstofsenden Maschen gewöhnlich radiär angeordnet sind. Auch die an der Membran befindlichen Maschen sind häufig in Gestalt eines regelmäfsigen Alveolarsaumes angeordnet, was nach Bütschli für eine alveoläre Structur spricht. Bei Zusatz von Essigsäure werden die erwähnten Structuren noch etwas deutlicher, doch nur vorübergehend, um sich dann aufzulösen. Für das Studium der Kernveränderungen sind die lebenden Kerne nicht zu verwenden, weil sich diese Processe sehr langsam abspielen. Doch zeigen sie überzeugend, dafs die Structuren, die man an gefärbten Kernen bequem studiren kann, auch im Leben vorhanden sind und nicht etwa durch die Conservirung hervorgerufen oder verändert sind.

Über die besten Kernfärbungen vergleiche das Capitel über die Untersuchungsmethoden. An den gefärbten Kernen lassen sich auf allen Stadien

folgende Substanzen nachweisen: 1. Chromatin, kenntlich an seiner starken Färbbarkeit mit Kernfärbemitteln; 2. Kernsaft, nicht färbbar, schwach lichtbrechend; 3. Linin, die Gerüstsubstanz, schwach färbbar, aber stärker lichtbrechend als der Kernsaft. Ob die Substanz, aus der die Membran besteht, nur Linin ist oder eine besondere andersartige Zusammensetzung hat, wage ich nicht zu entscheiden. Für letztere Annahme spricht das Verhalten der Membran bei der Verdauung der Kerne, bei welcher das Linin zuerst, die Membran aber zuletzt gelöst wird, wie später aus einander gesetzt werden soll. Von manchen Forschern wird die Membran nur für eine Verdichtung des Kerngerüsts gehalten, wofür der Umstand spricht, dafs sie sich bisweilen auch mit Kernfärbemitteln tingirt, also wohl Chromatin enthält. Andere, besonders Botaniker, nehmen eine besondere Substanz an, die man nach Zacharias (82) als Amphipyrenin bezeichnet. In Wirklichkeit scheinen mir bei Protozoen alle Möglichkeiten realisirt zu sein. Man findet ganz membranlose Kerne, Kerne mit differenzirter Oberflächenschicht, die bald vom Kerngerüst, bald vom Plasma oder auch von beiden zugleich geliefert wird, und schliefslich Membranen von zweifellos andersartiger chemischer Zusammensetzung. In meiner Rhizopoden-Monographie werde ich näher auf dieses Object auf Grund vergleichender Studien eingehen.

Eine andere Substanz, die in den Kernen höherer Thiere niemals zu fehlen scheint, bei Protozoen aber nicht immer zu beobachten ist, bildet die sogenannten »echten Nucleolen«; man hat sie Paranuclein oder Pyrenin genannt. Auch *Trichosphaerium* besitzt nucleolenähnliche Binnenkörper in manchen Kernstadien, doch scheinen mir dieselben hier nur aus Chromatin und Linin zu bestehen. Sie färben sich intensiv mit sauren Farbstofflösungen und quellen nicht in Essigsäure, sondern gerinnen, was nicht mit den Eigenschaften des Paranucleins übereinstimmt. Es sind daher sogenannte »falsche Nucleolen«. Ich will sie mit dem ganz indifferenten Namen »Binnenkörper« (nach Rhumbler) bezeichnen.

In der Zellenlehre pflegt man den Kern in dem Zustand, in welchem er sich zwischen zwei Theilungen befindet, als »ruhenden Kern« zu bezeichnen. Bei den meisten Protozoen befindet sich aber der Kern während dieser Phase nicht in Ruhe, sondern ändert fortwährend seine Structur. Schon R. Hertwig (84) hat diefs bei den Kernen von *Actinosphaerium* richtig erkannt und in seiner classischen Monographie klar ausgesprochen. Er

sagt: »Von einem ruhenden Kern kann man streng genommen nicht reden, weil auch in den Zwischenräumen zwischen zwei Theilungen die Kerne beständigen Veränderungen unterliegen, nur dafs dieselben sich äufserst langsam vollziehen. Man kann ihren Zusammenhang daher nicht durch directe Beobachtung feststellen, sondern mufs die neben einander auftretenden Zustände combiniren und daraus sich von der Umwandelung der Kernformen ein Bild entwerfen«. Diese Worte gelten auch für die Kerne von *Trichosphaerium*.

Welcher Art sind nun diese Structurveränderungen? Zunächst läfst sich nachweisen, dafs eine ganze Anzahl Stadien keinerlei Beziehungen zu der Kerntheilung aufweisen und daher nicht als Vorbereitung oder Folgen derselben aufzufassen sind. Die Veränderungen dieser Stadien bestehen 1. in Umlagerungen der Kernsubstanzen, 2. in Zu- und Abnahme derselben, also Vorgängen, die eher mit dem Stoffwechsel als mit der Vermehrung des Kerns zu thun haben. Ich möchte daher diese Stadien des sogenannten »ruhenden Kerns« als vegetative bezeichnen, im Gegensatz zu den »reproductiven«, welche Vorbereitungen zur Kerntheilung darstellen.

1. Die vegetativen Kernveränderungen. Da man eine Anzahl recht differenter Kernformen immer wieder vorfindet, so wird man zu der Vermuthung geführt, dafs alle Kerne dieselben Stadien durchmachen, und diese Annahme findet sich durch das Vorkommen aller Übergänge zwischen den differenten Stadien bestätigt. Die Gröfse der Kerne ist als Kriterium bei der Combination der einzelnen Kernformen nicht zu verwenden, sondern nur die feinere Structur. Während die Kerne eines einzelnen Individuums recht constante Gröfse besitzen, zeigen sich bei verschiedenen Thieren und Entwickelungsstadien grofse Schwankungen hierin. Ich habe Kerne von 6μ bis 20μ Durchmesser beobachtet; die kleinsten bei Sporen, die gröfsten bei Schizogonen und Schizonten.

Die Gestalt der Kerne ist nicht so grofsen Schwankungen unterworfen, sie ist meist kugelig oder oval, selten unregelmäfsig polygonal, und es läfst sich in solchen Fällen stets nachweisen, dafs abweichende Form durch den Druck umliegender Fremdkörper (Nahrungskörper, Sterkome) hervorgerufen ist. Die Kernmembran bleibt in allen Stadien erhalten und erleidet keine sichtbaren Veränderungen.

I. Stadium. **Linin** in Gestalt eines gleichmaschigen **feinen** Gerüstwerks (Maschenweite 1μ), Chromatin spärlich in Gestalt

kleiner ($\frac{1}{2}$–1 μ) Körnchen nur in den Knotenpunkten des Gerüsts. Ein chromatischer Binnenkörper vorhanden. (Fig. 1.)

Von der optisch als Netzwerk erscheinenden Structur des Linins läfst sich wegen der Kleinheit der Maschen nicht mit Sicherheit aussagen, ob sie ein Alveolenwerk oder ein fädiges Gerüstwerk darstellt. Das erstere ist mir wegen der häufig zu beobachtenden Alveolarsäume wahrscheinlicher. Der Binnenkörper hat sich ebenso wie das sehr feinkörnige Chromatin gefärbt. Derselbe liegt bald central, bald excentrisch, ist scharf conturirt und zeigt eine äufserst feine Granulirung. Im Innern machen sich 1–2 kleine helle Vacuolen bemerkbar.

II. Stadium. Linin in Gestalt eines gleichmaschigen groben Gerüstwerks (Maschenweite 3–4 μ), Chromatin spärlich und diffus in den Knotenpunkten des Gerüsts. Binnenkörper fehlt. (Fig. 6.)

Die Übergänge vom I. zum II. Stadium sind in den Figuren 2–5 dargestellt. Fig. 2. An einer Seite sind die Lininmaschen wahrscheinlich durch Flüssigkeitsaufnahme seitens des Kerns bereits vergröfsert; auch der Binnenkörper ist gröfser geworden, enthält aber mehr Vacuolen, so dafs er diffuser gefärbt erscheint. Fig. 3. Weiteres Fortschreiten der Maschenerweiterung; Beginn der Auflösung des Binnenkörpers in Chromatinbrocken durch Knospenabgabe. Fig. 4. Diffuswerden des körnigen Chromatins (wahrscheinlich durch Auflösung in der Lininsubstanz); Binnenkörper sehr verkleinert. Fig. 5 leitet ohne weitere Erklärung zu Fig. 6 über.

III. Stadium. Linin verdeckt, Chromatin stark vermehrt, erfüllt in feinkörnigem Zustande den ganzen Kern, nur einige gröfsere Kernsaftvacuolen (1–3 μ) sind darin enthalten. (Fig. 14.)

Diefs Stadium, das mit dem vorigen gar keine Ähnlichkeit besitzt, wird durch die in Fig. 7–13 abgebildeten Kernformen erreicht. Das diffuse Chromatin (Fig. 6) beginnt sich in den Knotenpunkten des Lininegerüsts zu groben Körnern zu consolidiren, die sich dann durch Theilung vermehren, dabei kleiner werden (Fig. 8) und auf das Fadenwerk übertreten, bis sie es ganz erfüllen und damit das Linin verdecken (Fig. 9). Die Vermehrung des Chromatins schreitet fort, wobei es immer feinkörniger wird und den Kernsaft in Vacuolen zusammendrängt (Fig. 12), die allmählich kleiner werden. Während der Vermehrung des Chromatins innerhalb des Gerüstwerks ist meist nur eine feine Granulirung desselben wahrzu-

nehmen; auf manchen Stadien ordnen sich aber die Körnchen zu einer sehr feinen Netzstructur an (Fig. 11).

Von dem chromatinreichen III. Stadium wird das I. Stadium wiederum durch Auftreten vieler kleiner Kernsaftvacuolen erreicht. In Fig. 14 ist ihre Zahl noch mäfsig, das Chromatin überwiegt; Fig. 15 zeigt, wie winzig kleine Tröpfchen auftreten und allmählich das dichte Chromatin auflockern. In Fig. 16 ist schon der Kern gleichmäfsig vacuolisirt, und seine Structur erinnert bereits lebhaft an das gleichmäfsig feine Gerüst der Figur 1. Die Chromatinkörnchen vereinigen sich schon in den Knotenpunkten des Maschenwerks. Durch dichtere Anhäufung derselben an einer Stelle wird der Binnenkörper gebildet. Hiermit ist der Kreis vegetativer Kernveränderungen geschlossen: leider vermag man sich vorläufig noch nicht über die physiologische Bedeutung derselben eine Vorstellung zu machen. Nur so viel dürfte plausibel sein, dafs es Stoffwechselvorgänge sind, die sich zwischen Kern und Protoplasma abspielen, denn die Flüssigkeitszunahme kann man doch nur durch Aufnahme aus dem umgebenden Plasma erklären. Ähnlich regelmäfsig ablaufende Kernveränderungen sind meines Wissens bei den vegetativen Zuständen von Zellkernen bisher noch nicht beschrieben worden, doch ist es mir nach Untersuchungen an anderen Objecten sehr wahrscheinlich geworden, dafs sie eine weite Verbreitung besitzen. Dafs andere Protozoenforscher gelegentlich auch abweichende Stadien des ruhenden Kerns gesehen haben, geht aus der Litteratur hervor, doch haben sie meist aus Mangel an Material (denn es gehört ein sehr reiches Material hierzu) dieselben nicht zu einem einheitlichen Kreis combiniren können; zum Theil ist aber auch Schuld daran, dafs man sich bei Kernuntersuchungen meistens nur für die Kerntheilung interessirt und daher alle nicht hierzu in Beziehung stehenden Stadien vernachlässigt oder nur nebenher erwähnt.

2. Die reproductiven Kernveränderungen. Dieselben gehen von dem in Fig. 1 abgebildeten Stadium des »ruhenden Kerns« aus. Die erste Andeutung, dafs die Kerne sich zur Theilung anschicken, besteht in einem Zerfall des Binnenkörpers, der durch Theilung und Knospung allmählich in kleine Chromatinpartikel aufgelöst wird (Fig. 17–20). Was diese Stadien aber scharf von den Übergangsstadien von der I. zur II. vegetativen Phase trotz des ähnlichen Verhaltens des Binnenkörpers unterscheiden läfst, ist der Umstand, dafs hier die Lininstructur feinmaschig bleibt, ja eher noch feiner und regelmäfsiger wird, während sie dort gleichzeitig

mit der Auflösung des Binnenkörpers sehr grobmaschig wurde (vergl. die Fignren 1–6 mit Fig. 17–21).

Ein ganz ähnlicher Zerfall des Binnenkörpers vor Beginn der Kerntheilung wurde schon von R. Hertwig (82) bei den Kernen von *Actinosphaerium* beschrieben. Ich selbst (93) habe dann bei *Amoeba binucleata* auch eine feine Vertheilung der grofsen Chromatinbrocken beobachtet. Abweichend sind die Angaben, die Brauer (94) bei den Kernen der encystirten Actinosphaerien macht; er fand gar keinen gröfseren Binnenkörper vor, wie überhaupt nach Hertwig's neuesten Untersuchungen (97) bedeutende Unterschiede zwischen den Kerntheilungen des freilebenden und des encystirten *Actinosphaerium* bemerkbar sind.

Wenn bei *Trichosphaerium* die chromatische Substanz sich ganz gleichmäfsig durch den ganzen Kernraum in Gestalt feinster Körnchen, die sich nur in den Knotenpunkten des Gerüsts befinden, vertheilt hat (Fig. 21), beginnen Umlagernngen der Lininmaschen, die zu dem in Fig. 22 abgebildeten Stadium führen.

Schon in Fig. 21 bemerkt man, dafs die Maschen oder, nach meiner Auffassung, Alveolen des Linins anfangen, sich in Reihen hinter einander anzuordnen; zunächst verlaufen sie noch in maeandrischen Windungen und erinnern entfernt an die Spiremstadien bei der Kerntheilung der höheren Thiere. Allmählich bildet sich aber eine Bipolarität des Kerns dadurch aus, dafs die Alveolenzüge sich in parallele Reihen anordnen, wie Fig. 22 es zeigt. Bei offener Blende scheint der Kern, der schon eine schwache Andeutung beginnender Abplattung zeigt, von parallelen Reihen gefärbter Körnchen durchzogen, die von einem Pol zum anderen verlaufen. Erst bei günstiger Abblendung bemerkt man, dafs die Körnchen in regelmäfsigen Abständen in Lininfäden eingelagert sind, die an diesen Stellen feine Querverbindungen zu den benachbarten aufweisen, weshalb ich die Structur für alveolär halte.

Die Bildung der Aequatorialplatte. Nach Ablauf der vorbereitenden Stadien, die den Zweck zu haben scheinen, das Chromatin gleichmäfsig zu zerkleinern und zu vertheilen, verschmelzen die einzelnen winzigen Chromatinkörnchen zu gröfseren stäbchenartigen Gebilden, die man im Vergleich mit der Kerntheilung der Gewebszellen als Chromosomen bezeichnen kann, wenn sie dort auch auf ganz andere Weise, nämlich durch Segmentirung eines langen Chromatinfadens gebildet zu werden scheinen. Der Chromatin-

faden selbst entsteht aber, wie bekannt, auch durch Verschmelzung kleinerer Chromatinpartikel, so dafs der Hauptunterschied zwischen der Chromosomenbildung der Metazoen und des *Trichosphaerium* eigentlich nur in der Einschiebung eines Knäuelstadiums bei ersteren besteht, welcher Umweg bei letzterem noch nicht eingeschlagen wird, obwohl Andeutungen dieser Vorgänge schon in der Anordnung der Maschen in maeandrischen Windungen (Fig. 20) gefunden werden können. Übrigens scheinen ähnlich primitive Verhältnisse auch bei Metazoenkernen, obwohl selten, vorzukommen, wie die interessante Art der Kerntheilung, welche von Erlanger (97) kürzlich beim Cephalopodenkeim beschrieben hat, beweist. Die Ausbildung der Aequatorialplatte geht bei *Trichosphaerium* mit einer deutlichen Abplattung des Kerns Hand in Hand; gleichzeitig machen sich auch Veränderungen des Liningerüsts an den Polen des Kerns bemerkbar, welche darin bestehen, dafs hier die streifig-alveoläre Anordnung verschwindet und das Kernplasma vollkommen hyalin wird. Diese structurlosen, hyalinen und etwas stärker lichtbrechenden Polkappen sind gegen das Plasma scharf abgegrenzt, gegen das Innere des Kerns aber nicht, sondern es ist der Übergang in die streifige Structur ein ganz allmählicher. Hierdurch ist ein Unterschied gegenüber den Poldifferenzirungen bei *Actinosphaerium*, *Actinophrys*, *Amoeba binucleata* u. s. w. gegeben, denn in diesen Fällen sind die als »Polplatten« bezeichneten Gebilde auch gegen das Kerninnere scharf abgesetzt. Ich vermuthe, dafs bei *Trichosphaerium* die Lininstructur an den Polen durch Flüssigkeitsabgabe hyalin wird, und stelle mir diefs ähnlich vor, wie das Hyalinwerden des Weichkörperplasmas bei der Pseudopodienbildung (vergl. das Capitel über die Pseudopodien). Jedenfalls lassen sich tinctoriell auf keinem Kernstadium irgend welche andersartige polare Differenzirungen, wie Polplatten, Plasmakegel, Kernkappen, Centrosomen u. s. w. nachweisen.

Ein Mittelstadium zwischen dem in Fig. 22 abgebildeten Kern, mit gleichmäfsig vertheiltem Chromatin und dem mit fertiger Aequatorialplatte (Fig. 24) stellt Fig. 23 dar. Man sieht daran, dafs die Chromatinkörnchen mit dem Hyalinwerden der Pole aus der polaren Region sich nach der Aequatorialebene versammeln, dichter an einander gelagert werden und so Körnchenreihen bilden, welche der Zahl der Lininalveolenzüge entsprechen. Aufserdem vereinigen sich dabei die kleineren Körnchen durch Verschmelzung zu gröfseren, bis schliefslich aus jeder Körnchenreihe ein einziges Stäbchen, das fertige Chromosom gebildet ist.

Eine ähnliche Schilderung hat R. Hertwig von der Bildung der »Kernplatte« von *Actinosphaerium* gegeben. »Die Entwickelung der Kernplatte ist dadurch bedingt, daſs sich Körnchen in der Gegend des Aequators anhäufen. Auſserdem scheinen auch die einzelnen Körnchen unter einander zu verschmelzen, so daſs aus Vereinigung mehrerer kleinerer ein gröſseres Element entsteht.« Brauer (95) hat beim encystirten *Actinosphaerium* schon auf viel früheren Kernstadien deutlich zweitheilige Chromosomen gefunden und bezweifelt daher die Angaben Hertwig's über die Chromosomenbildung. Doch scheint mir, als ob Brauer etwas zu stark die Übereinstimmung der Protozoenkerntheilung mit der bei Metazoen betont und bei seiner Arbeit, vielleicht unbewuſst, bemüht gewesen ist, diese Übereinstimmung in allen Punkten aufzufinden. Meine Beobachtungen an *Trichosphaerium* bestätigen für dieses Object die Anschauungen Hertwig's vollkommen, und dieser Forscher hält auf Grund einer Neuuntersuchung der *Actinosphaerium*-Kerntheilung gegenüber Brauer an seinen alten Angaben fest.

Daſs bei *Trichosphaerium* die Chromosomen einheitliche Elemente darstellen und nicht schon von Anfang an in zwei Theile differenzirt sind, wie dieſs sich bei vielen Metazoenzellen und auch schon bei einigen Protozoen (*Amoeba binucleata*, Radiolarien) findet, geht deutlicher als aus ihrer Bildung noch aus der Art ihrer Theilung hervor.

Die Entstehung der Tochterplatten. In der fertigen Aequatorialplatte sind die einzelnen Chromosomen einheitliche, kurze stäbchenförmige Gebilde, die mit den stärksten Vergröſserungen keinerlei feinere Structur erkennen lassen; sie sind alle parallel in der Aequatorialebene gelagert und lassen zwischen sich kleine farblose Spalträume frei, die mit Kernsaft gefüllt zu sein scheinen. Besser als die Seitenansicht belehrt uns hierüber die Polansicht der Aequatorialplatte, wie sie in Fig. 26 gezeichnet ist. Hier sieht man, daſs es eine kreisrunde Scheibe ist, die in allen ihren Theilen gleichmäſsig von den nun als Körnchen erscheinenden Chromosomen erfüllt ist. Die letzteren liegen in den Knotenpunkten eines feinen Lininnetzwerks, ein Beweis, daſs die Lininalveolen auch die Aequatorialplatte durchsetzen; die Lininzüge gehen also von Pol zu Pol als continuirliche Maschenreihen. Fig. 27 zeigt den Querschnitt der Kernspindel über der Aequatorialplatte und erklärt sich danach von selbst.

Die Tochterplatten werden aus der Aequatorialplatte durch Spaltung in zwei gleiche Hälften gebildet. Hierbei streckt sich jedes einzelne Chro-

mosom in die Länge und schnürt sich unter Bildung einer hantelförmigen Figur durch. Fig. 25 und 28 zeigen das Anfangs- und Endstadium dieses Processes. Der auf Fig. 25 abgebildete Kern ist noch ziemlich platt, obwohl sich schon gegenüber Fig. 24 eine geringe Längsstreckung in der Richtung der Spindelaxe bemerkbar macht. Die meisten Chromosomen sind hantelförmig, einzelne noch unverändert oder schon durchgeschnürt. In Fig. 28 hat der Kern bereits Tonnenform angenommen und die Mehrzahl der Chromosomen ist in zwei zerfallen, nur wenige sind noch durch ein dünnes Verbindungsstück vereinigt.

Nachdem die Tochterplatten sich vollständig getrennt haben, treten zwischen ihnen Längszüge von Alveolen auf, die sich im optischen Durchschnitt als maschige Faserzüge oder als Fäden mit Querverbindungen bemerkbar machen. Bei weiterem Auseinanderrücken der Chromatinplatten streckt sich der Kern immer mehr in die Länge (Fig. 29). Im weiteren Verlaufe dieses Processes krümmen sich die Tochterplatten schüsselförmig und zwar so, dafs die Concavität gegen den Pol gerichtet ist, also gerade umgekehrt, wie auf dem entsprechenden Stadium der *Actinosphaerium*-Kerne, [vergl. R. Hertwig (82)]. Die Chromosomen sind innerhalb der Chromatinplatten nur noch schwer zu erkennen, weil sie dichter an einander gelagert werden und auch bereits theilweise mit einander verschmelzen, worüber uns am besten eine Polansicht des Kerns auf diesem Stadium belehrt (Fig. 33). Bei der weiteren Entfernung der Tochterplatten wird der Kern mehr und mehr in die Länge gezogen, dann nimmt er Sanduhrform an (Fig. 32), indem er sich in der Mitte einschnürt, worauf bald die völlige Trennung der beiden Kernhälften erfolgt. Nicht selten kann man beobachten, dafs die mittlere Partie des Zwischenstückes, welches die beiden Tochterplatten verbindet, spindelförmig angeschwollen ist (Fig. 31) oder auch etwas geschlängelte Formen (Fig. 39) annimmt. Ähnliche Erscheinungen hat R. Hertwig (95) bei den Spindeln der Infusorien-Nebenkerne beobachtet und dieselben gegen die Contractionstheorie Heidenhain's verwerthet. Er erklärt dieselben dadurch, dafs die wachsenden Spindelfasern einen Druck auf die Kernpole ausüben, dabei aber Widerstand erfahren, den sie nicht in gleichem Mafse, als sie sich ausdehnen, überwinden. Diese Auffassung scheint mir auch für *Trichosphaerium* zutreffend zu sein, doch möchte ich derartige Spindeln nicht für normale Bildungen halten. Erstens, weil sie nicht immer vorkommen, und zweitens, weil häufig auch

das Chromatin deutliche Anzeichen pathologischer Veränderung aufweist; so ist es z. B. in Fig. 39 nicht in Platten angeordnet, sondern in unregelmäfsigen Körnern durch die Poltheile des Kerns zerstreut.

In Übereinstimmung mit den Angaben Hertwig's (82) und Brauer's (95) bei *Actinosphaerium* glaube ich für *Trichosphaerium* mit Sicherheit behaupten zu können, dafs die Kernmembran auf die Tochterkerne übergeht. Auf keinem Stadium findet eine Auflösung oder Lückenbildung statt, sondern das umgebende Plasma bildet stets einen deutlichen Alveolarsaum um den scharf conturirten Kern. Nach der Trennung der beiden Tochterkerne wird der Zipfel, in welchen sie nach der Mitte zu kurz nach der Durchschnürung auslaufen, allmählich eingezogen. Die neuen Kerne runden sich ab, die Chromatinplatten lösen sich in Körnchen auf, die sich wieder durch den ganzen Kernraum vertheilen, und die Lininstructur wird unregelmäfsig maschig (Fig. 35–37). Durch Zusammenhäufen von Chromatinkörnchen an einer Stelle (Fig. 37) und Verschmelzung derselben zu einem kugeligen Körper (Fig. 38) entsteht ein Binnenkörper, und das Stadium des ruhenden Kerns, von dem wir beim Beginn der Kerntheilung ausgiengen, ist wieder erreicht (Fig. 38). Die hier geschilderte Art der Kerntheilung documentirt sich als Mitose durch die Umlagerungen, welche die chromatische Substanz während derselben erleidet. Doch ist dieselbe gegenüber den complicirten Vorgängen, welche sich bei der karyokinetischen Kerntheilung der Metazoen und einzelner Protozoen (Heliozoen) abspielen, sehr primitiver Art. Sie stimmt bezüglich des chromatischen Theils vollständig mit der Mitose der *Actinosphaerium*-Kerne (nach Hertwig [82] und Brauer [94]) überein, während der achromatische auf noch niederer Stufe steht. Es fehlen die dort vorkommenden Poldifferenzirungen (Polplatten und Protoplasmakegel) noch vollständig. Hierin schliefst sich *Trichosphaerium* an die Kerntheilung des Makronucleus der Infusorien oder noch besser an die von Lauterborn (95) bei *Ceratium* beobachtete an. Eine Mittelstellung zwischen diesen Formen und *Actinosphaerium* nimmt *Amoeba binucleata* ein, wo nach meinen (94) Untersuchungen die betreffenden Poldifferenzirungen nur sehr schwach entwickelt sind.

Der Schilderung der normalen Kernverhältnisse des *Trichosphaerium* möchte ich noch einige Beobachtungen über pathologische Degeneration und über den Untergang der Kerne hinzufügen, weil hierüber bei Protozoen meines Wissens noch gar nichts Sicheres bekannt geworden ist.

3. Die Veränderungen, welche die *Trichosphaerium*-Kerne während ihrer Verdauung erleiden. In einem früheren Capitel wurde bereits erwähnt, dafs die Trichosphaerien nicht selten ihre eigenen Artgenossen verzehren, und es wurden dort schon Angaben über die Verdauung der verschiedenen Substanzen des Weichkörpers gemacht. Hier sollen noch die Kerne besonders berücksichtigt werden, weil das Verhalten der verschiedenen Kernsubstanzen gegen die verdauende Flüssigkeit von einigem Interesse ist.

Wie in allen normalen Verhältnissen, zeigen auch in diesen pathologischen die Kerne eines Individuums vollkommene Übereinstimmung, sie befinden sich stets in demselben Stadium der Degeneration. — Die Kerne leisten der Verdauung viel länger Widerstand als das übrige Plasma des Weichkörpers, und innerhalb derselben sind es wieder bestimmte Substanzen, welche länger Widerstand leisten als die anderen. Nach 6 bis 8 Stunden, nachdem das Thier gefressen und der Weichkörper schon vollständig aufgelöst war, zeigten die Kerne noch die Structur, welche in Fig. 40 abgebildet ist. Dieselbe ist gegenüber normalen Kernen noch wenig verändert; man kann noch ein Liningerüst unterscheiden, wenn auch das Chromatin schon etwas diffuser vertheilt ist. Beim weiteren Fortschreiten der Verdauung zeigten die Kerne Veränderungen, welche in den Figuren 41 bis 45 abgebildet sind. Die Reihe ist nach Schnitten combinirt, und ich vermag nicht zu sagen, in wie langer Zeit der Kern von dem auf Fig. 40 bis zu dem auf Fig. 45 abgebildeten Stadium gelangt.

Zuerst wird das Linin gelöst, das Chromatin sinkt hierbei auf eine Seite des Kerns, und zwar der Schwerkraft folgend, wie ich auf den Schnitten daraus ersah, dafs die Chromatincalotten alle in derselben Richtung lagen. In einem Falle konnte ich bei einem auf einer Ulve sitzenden Individuum auch nachweisen, dafs diese Richtung senkrecht zur Horizontalebene ist. Das Chromatin wird nun auch allmählich gelöst, und nimmt hierbei meist Kugelgestalt an (Fig. 43–45). Es schien mir, als ob hierbei seine Färbbarkeit zunimmt, was vielleicht darauf beruht, dafs bei der Verdauung ein nicht färbbarer Theil seiner Substanz früher gelöst wird, während die färbbaren Theilchen dichter zusammengedrängt werden und daher in ihrer Gesammtheit dunkler gefärbt erscheinen.

Schliefslich bleibt nur die Membran übrig, die während des ganzen Processes keine Veränderung zu erleiden scheint, was mich schon früher

(vergl. S. 72) zu der Annahme veranlaſste, daſs sie aus einer besonderen Substanz bestehe und nicht bloſs eine Verdichtung des Liningerüsts darstellt. Daſs sie nach längerer Zeit auch zu Grunde geht, darf man daraus schlieſsen, daſs man später nur noch unverdaubare Nahrungsreste in der Verdauungsvacuole vorfindet.

e. Die Plasma- und Kernveränderungen während des Verhungerns der Trichosphaerien.

In nahrungsarmen Culturen von Trichosphaerien waren mir schon zu Beginn meiner Untersuchungen sehr eigenthümliche Individuen aufgefallen. Das Plasma war sehr rein, frei von Fremdkörpern, stark vacuolisirt, und schien bei oberflächlicher Betrachtung nur einen einzigen groſsen Kern zu besitzen, der sich intensiv färben lieſs. Bei genauerem Zusehen erkannte man aber, daſs der groſse Kern nur eine dichte Zusammenhäufung zahlreicher winziger Kerne von normaler Structur war. Da ich derartige Individuen häufig fand, hielt ich sie anfangs für merkwürdige, räthselhafte Vorbereitungsstadien zu irgend einer noch unbekannten Art der Fortpflanzung. Erst später fiel mir auf, daſs solche Individuen sich nur in nahrungsarmen Culturen vorfanden, und kam ich auf die Idee, daſs es Hungerzustände sein könnten, was ich durch das Experiment bestätigen konnte.

Ich brachte zahlreiche gut genährte Individuen, von deren normaler Beschaffenheit ich mich überzeugt hatte, auf Deckgläsern in reines Meerwasser und fixirte nun von Tag zu Tag ein Deckglas mit den darauf sitzenden Thieren. Auf diese Weise konnte ich innerhalb 3 Wochen die in den Figuren 46–51 abgebildeten Veränderungen in Folge des Hungers constatiren.

Die erste Veränderung gegenüber normalen Thieren besteht darin, daſs am zweiten oder dritten Tage alle Pseudopodien eingezogen und nicht wieder ausgestreckt werden. Nachdem die im Weichkörper vorhandenen Nahrungskörper vollständig verdaut sind, werden die unverdaubaren Nahrungsreste allmählich ausgestoſsen, bis das Plasma vollkommen von Fremdkörpern befreit ist. Zugleich mit diesen Vorgängen beginnen die Zellkerne sich an einzelnen Stellen zu kleinen Gruppen zusammenzulagern. Die ersten Andeutungen dieser Vorgänge zeigt Fig. 46, welche ein Individuum nach 5tägigem Hungern darstellt. Nachdem das Plasma ganz rein geworden ist, wird dasselbe grob vacuolisirt, und zwar scheint diese Va-

cuolisirung von der Peripherie gegen das Centrum vorzuschreiten. Fig. 47 zeigt ein Thier nach 8tägigem Hungern. Die Kerne sind zu kleinen Gruppen vereinigt. Im Centrum ist das Plasma um diese Zeit stets noch fein granulirt, während die peripheren Theile schon vacuolisirt erscheinen. Im weiteren Verlauf vereinigen sich die einzelnen Kerngruppen zu einer einzigen grofsen Gruppe, und die Zelle rundet sich kugelig ab (Fig. 48). Die Vacuolisirung nimmt immer mehr zu, und zwar werden jetzt umgekehrt wie zu Anfang die centralen Vacuolen immer gröfser. Die Kernanhäufung liegt gewöhnlich im Centrum der Zelle von den gröfsten Vacuolen umgeben, wie Fig. 49, welche ein Individuum nach 14tägigem Hungern darstellt, es zeigt.

Schliefslich (nach ungefähr 3 Wochen) zerfällt das Plasma in eigenthümlicher Weise, indem es sich nämlich zunächst in wenige grofse Kugeln zertheilt, die wieder in kleinere sich auflösen, welche dann ganz verschwinden. Fig. 50 stellt ein Stadium dieses Processes dar. Der Kernhaufen bleibt schliefslich allein in der zusammengefalteten Gallerthülle übrig und leistet noch lange Widerstand, wenn er nicht durch Bakterien oder andere Organismen zerstört wird. Nach etwa 5 Wochen fallen aber auch die Kerne aus einander; sie werden immer schwächer lichtbrechend, nehmen keinen Farbstoff mehr an und verschwinden schliefslich spurlos. Fig. 51 stellt einen Kernhaufen nach 4wöchigem Hungern dar, gerade im Beginn des Auseinanderfallens. Auf diesem Stadium zeigen die einzelnen Kerne noch alle für den normalen Kern charakteristischen Kernsubstanzen. Fig. 51*a*, welche einige der Kerne bei stärkster Vergröfserung zeigt, beweist, dafs auch die Anordnung der Kernsubstanzen noch im wesentlichen dieselbe ist wie bei normalen Kernen. Nur die Gröfse der ganzen Kerne ist stark reducirt, aber keiner der drei Kernbestandtheile ist gegenüber den anderen besonders stark verringert.

Aus diesen Beobachtungen folgt, dafs die Kerne die widerstandsfähigsten Theile der Trichosphaerien sind, und dieses Resultat steht in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Kerne bei der Verdauung der Zelle, welches vorher geschildert wurde.

Die systematische Stellung von *Trichosphaerium.*

Der erste Beobachter des *Trichosphaerium*, Greeff (69), stellte diesen Organismus zu den Foraminiferen, auf Grund der Annahme, dafs die auf der Hülle sitzenden Stäbchen aus kohlensaurem Kalk beständen und daher die Hülle gewissermafsen eine Vorstufe der Thalamophorenschale sei. Ohne diese Ansicht Greeff's zu kennen, hat auch Schneider (78) dem Rhizopoden einen Platz bei den Foraminiferen angewiesen und sah ihn als Übergangsform von der *Lieberkühnia* zu den echten kalkschaligen Foraminiferen an.

Gruber (83) betonte richtig, dafs die ganz andersartigen Pseudopodien es unmöglich machten, *Trichosphaerium* zu den Foraminiferen zu stellen, und ich kann ihm hierin nur beipflichten. Der Hauptcharakter der recht geschlossenen Gruppe der Foraminiferen ist nicht die Beschaffenheit der Schale, sondern, wie besonders F. E. Schulze immer betont hat, der Bau der Pseudopodien. Die Schale ist variabel, sowohl der Form, wie dem Material nach. Es gibt nackte Foraminiferen, solche mit gallertartiger oder chitinöser Hülle, ferner Sand-, Kiesel-, Kalkschalen u. s. w. Aber die Pseudopodien sind stets reticulär. Nach meiner Überzeugung ist daher der Name »*Reticulosa*«, den F. E. Schulze vertheidigt hat, allen anderen vorzuziehen. Jedenfalls gehört aber *Trichosphaerium* nicht zu dieser Rhizopodengruppe. — Gruber spricht die Ansicht aus, dafs die geringe Consistenz der Hülle, die Gestalt der Pseudopodien, sowie der ganze Bau des Protoplasmaleibes das *Trichosphaerium* zu den amoebenartigen Rhizopoden verweise.

In der neuesten Zusammenstellung der Protozoen von Yves Delage (96) ist *Trichosphaerium* in der Ordnung der *Gymnamoebida* untergebracht, meines Erachtens mit wenig Glück, weil es ja keine nackte Amoebe ist. Im System dieses Forschers, das natürlich bei dem heutigen Stand unseres Wissens auch nur ein ganz künstliches sein kann, würde unsere Form vielleicht eher in der zweiten Ordnung der *Amoebaea*, den *Thecamoebida*, einen Platz finden.

Trichosphaerium innerhalb der amoebenartigen Rhizopoden eine genauere Stellung zuzuweisen, ist vor der Hand deshalb unmöglich, weil man es keiner schon bekannten Form anreihen kann. Die Pseudopodien haben am meisten Ähnlichkeit mit denen der *Orbulinella*, die Entz[1] beschrieben hat. Doch ist von dieser räthselhaften Form, aufser der allgemeinen Gestalt und den Pseudopodien, eigentlich nichts Sicheres bekannt. Man weifs nicht einmal, ob die Schale aus Kieselsäure oder Kalk besteht. Die systematische Stellung dieses Organismus ist natürlich vollständig unsicher, und daher ist diese Form für unsere Frage gar nicht zu verwerthen. Für die Stäbchenhülle hat man kein Analogon. Gruber fiel die Ähnlichkeit auf, welche dieselbe mit dem Besatz von feinen Fortsätzen hat, die Archer[2] bei seinem *Diaphorodon mobile* abbildet. Doch sollen die kleinen Strahlen, welche sich auf der Oberfläche dieses Rhizopoden befinden, Pseudopodien und keine starren Stäbchen sein.

Die Fortpflanzungsverhältnisse werden vielleicht später einmal für die systematische Stellung zu verwerthen sein. Vorläufig sind sie es deshalb nicht, weil man bei den meisten Rhizopoden nichts davon weifs; besonders die Gruppe der *Amoebaea*, die offenbar sehr zusammengewürfelt ist, dürfte zur Zeit morphologisch und entwickelungsgeschichtlich zu wenig erforscht sein, um schon einigermafsen natürlich systematisirt zu werden.

Aus diesen Gründen ist es vorläufig unmöglich, *Trichosphaerium* eine Stellung im System anzuweisen, ohne rein willkürlich zu handeln; Möbius (89), der seine Form auch nirgends unterbringen konnte, hat für sein *Trichosphaerium* eine eigene provisorische Gruppe »*Trichosa*« aufgestellt, die er den *Amoebaea* coordinirt.

Er sagt von derselben, dafs sie unter den Testaceen eine der niedrigsten Rangstufen in der Nähe der Amoebaeen einnehme, wo sie als ein Verbindungsglied zwischen diesen und den Perforaten anzusprechen wäre. Die Definition, die Möbius auf Grund seiner Kieler Form gab, müfste nach meinen Untersuchungen erweitert werden; die Stäbchen, die das Hauptmerkmal dieser Gruppe bilden, sind ja nur einem Zustand des Thieres eigenthümlich. Es dürfte sich daher nicht sehr empfehlen, gerade den Namen der Gruppe »*Trichosa*« nach diesem Merkmal zu wählen, wie überhaupt die Aufstellung einer besonderen, wenn auch nur provisorischen Abtheilung für

---

[1] Naturhist. Hefte d. ungar. Nat.-Mus. I (mir nicht zugänglich, vergl. Bütschli [80]).

[2] Quart. journ. Micr. soc. N. S. IX, vergl. Bütschli (80) Taf. IV Fig. 1.

eine einzige Species mir deswegen überflüssig erscheint, weil unser zur Zeit durchaus künstliches Rhizopoden-System durch derartige Gruppenbildung nur noch künstlicher wird. — Ich schlage vor, wie bereits oben erwähnt, unseren Organismus in der von Delage geschaffenen Gruppe der *Thecamoebida*, obwohl sie auf dem rein äufserlichen Merkmal der Hüllbildung basirt, vorläufig unterzubringen, bis wir mehr von den Verwandtschaftsbeziehungen der Rhizopoden wissen. Hier würde *Trichosphaerium* vielleicht am Anfang, noch vor dem ebenfalls weich gehüllten, aber bereits monaxonen *Cochliopodium*, am besten seine Stellung finden. Die von Möbius (89) untersuchte Form der Kieler Bucht weicht, wie in der vorstehenden Untersuchung nachgewiesen wurde, so wesentlich von meiner ab, dafs es vielleicht möglich wäre, sie als besondere Art abzutrennen; doch wird es sich wohl empfehlen, erst eine weitere Untersuchung und Bestätigung der von Möbius in Kiel beobachteten Charaktere abzuwarten. Wie in dem Abschnitt über die Hülle des *Trichosphaerium* angedeutet wurde, könnte man sich vielleicht die abweichenden Eigenschaften der Kieler Form durch die Anpassung an das Leben im Brackwasser entstanden denken, und würde dann dieses *Trichosphaerium* nur als aberrante Localvarietät anzusehen sein.

Benutzte Litteratur.[1]

Brandt, K. (81). Über das Zusammenleben von Thieren und Algen. Verhdl. Physiolog. Gesellschaft. Berlin 1881. p. 22—26. Figg.

Idem (83). Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren. Mittheil. Zoolog. Stat. Neapel. Bd. 4. 1883. p. 91—302. Taf. 19—20.

Idem (85). Die koloniebildenden Radiolarien (Sphaerozoen) des Golfs von Neapel. Fauna und Flora des Golfs von Neapel. vol. 13. Berlin 1885.

Brauer, A. (94). Über die Encystirung von *Actinosphaerium eichhorni* Ehrbg. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 58. 1894. p. 189—221. Taf. X—XI.

Bütschli, O. (78). Beiträge zur Kenntniss der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 30. 1878. p. 205—281. Taf. XI—XV.

Idem (80). *Protozoa.* In: Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. 1880. vol. 1—4.

Idem (86). Kleine Beiträge zur Kenntniss einiger mariner Rhizopoden. Morph. Jahrb. vol. 11. 1886. p. 78—102. Taf. VI—VII.

Idem (92). Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892. p. 1—254. 6 Taf.

Carter, H. J. (76). On the structure called Eozoon canadense in the Laurentian Limestone of Canada. In: The Annals and Magaz. nat. hist. 4. ser. vol. 13. 1876. p. 191—192.

Cienkowski, L. (81). Bericht über die Excursion nach dem Weissen Meere. Arb. Petersburger Naturf. Ges. vol. 12. 1881. p. 42 (russisch).

Delage, Y.. et Hérouard (96). Traité de zoologie concrète. Tome I. Paris 1896.

Entz, G. (79). Über einige Infusorien des Salzteiches zu Szamosfalva. Termesze-trajze Fuzetek. vol. 3. 1879. p. 10—11.

Erlanger, R. v. (97). Zur Kenntniss der Zell- und Kerntheilung. In: Biol. Centrbl. vol. 17. 1897. p. 745—752. 4 Textfig.

*Greeff, R. (69). (Notiz über *Trichosphaerium*) in: Verh. d. Naturh. Ver. d. Rheinlande und Westphalens. vol. 26. 1869. p. 126.

*Idem (69*a*). Über Radiolarien und radiolarienähnliche Organismen des süssen Wassers. Arch. mikr. Anat. vol. 5. 1869. p. 474. Anm. 1.

*Idem (92). *Trichosphaerium Sieboldii* Schn. Zool. Anz. vol. 15. 1892. p. 60—64.

Gruber, A. (82). Beiträge zur Kenntniss der Amoeben. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 36. 1882. p. 459—470. Taf. XXX.

*Idem (83). Untersuchungen über einige Rhizopoden. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 38. 1883. p. 46 flg. Taf. II.

*Idem (83*a*). Berichtigung. ibidem p. 330.

Idem (84). Die Protozoen des Hafens von Genua. Halle 1884. p. 21.

[1] Die auf *Trichosphaerium* bezüglichen Abhandlungen sind mit einem Sternchen (*) versehen.

Idem (84a). Über Kern und Kerntheilung bei Protozoen. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 40. 1884.

Idem (85). Studien über Amoeben. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 40. 1885.

Hertwig, O. (93). Die Zelle und die Gewebe. Jena 1893.

Hertwig, R., und Lesser, E. (74). Über Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen. Arch. mikr. Anat. vol. 10. Suppl. 1874. p. 122.

Hertwig, R. (84). Die Kerntheilung von *Actinosphaerium eichhorni*. Unters. zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Jena 1884. p. 8.

Idem (89). Über die Conjugation der Infusorien. Abhandl. bayr. Akad. d. Wiss. II. Cl. vol. 17. München 1889. p. 1—83.

Idem (95). Über Centrosoma und Centralspindel. Sitzber. d. Ges. f. Morph. und Phys. München 1895. p. 41—59.

Idem (96). Über die Entwickelung des unbefruchteten Seeigeleies. Festschrift für Gegenbauer. Leipzig 1893. p. 23—86. Taf. I—III.

Kenten, J. (95). Die Kerntheilung von *Euglena viridis*. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 60. 1895. p. 213.

Klebs, G. (84). Ein kleiner Beitrag zur Kenntniss der Peridineen. Botanische Zeitung. 1884. Nr. 46—47.

*Labbé, A. (95). Note sur les Protozoaires marins de Roscoff. Arch. zool. expér. et gen. 1895. III. Sér. vol. 30. Notes et Revue p. XV.

Lauterborn, L. (95). Protozoenstudien I. Kern- und Zelltheilung von *Ceratium hirundinella*. O. F. M. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 59. 1895. p. 167—190. Taf. XII—XIII.

Lister, J. J. (95). Contributions to the life-history of the *Foraminifera*. Phil. Trans. Roy. Soc. London. vol. 186. 1893. p. 401—450. Taf. 6—9.

Maupas, E. (83). Contributions à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés. Arch. zool. expér. et génér. 2. Sér. vol. 1. 1883. p. 616—621.

Meissner, M. (88). Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protozoen. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 46. 1888. p. 498—516. Taf. XXXIV.

*Möbius, K. (89). Bruchstücke einer Rhizopodenfauna der Kieler Bucht. Abhandl. Akad. Berlin 1889. p. 19. Taf. IV. Fig. 38—45.

*Noll, F. C. (92). Die Ernährungsweise des *Trichosphaerium sieboldii* Schn. Zool. Anz. vol. 15. 1892. p. 209—210.

Pfitzner, W. (85). Zur Kenntniſs der Kerntheilung bei den Protozoen. Morph. Jahrb. vol. 11. 1883. p. 461.

Rhumbler, L. (91). Die verschiedenen Cystenbildungen und die Entwickelungsgeschichte der holotrichen Infusoriengattung *Colpoda*. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 46. 1891. p. 559—560.

Idem (92). Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper der Foraminiferen, die sog. Keimkörper Max Schultze's. Nachr. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen 1892. Nr. 12. p. 1—11.

Idem (93). Über Entstehung und Bedeutung der in den Kernen vieler Protozoen und im Keimbläschen von Metazoen vorkommenden Binnenkörper. Zeitschr. wiss. Zool. 1893. vol. 56. p. 328—364.

Idem (94). Beiträge zur Kenntniss der Rhizopoden. II. *Saccammina sphaerica*. M. Sars. ibidem vol. 57. 1894. p. 433—586.

Idem (95). Beiträge zur Kenntniss der Rhizopoden III—V. ibidem vol. 61. 1895. p. 38—110.

Schaudinn, F. (93). *Myxotheca arenilega* n. g. n. sp., ein neuer mariner Rhizopode. ibidem vol. 57. 1893. p. 18–31.

Idem (94). Die Fortpflanzung der Foraminiferen und eine neue Art der Kernvermehrung. Biol. Centrbl. vol. 14. 1894. Nr. 4.

Idem (94*a*). Über die systematische Stellung und Fortpflanzung von *Hyalopus* n. g. (*Gromia dujardinii* Schultze) Sitzber. d. Ges. Naturf. Frde. Berlin 1894. Nr. 1. p. 14–22.

Idem (94*b*). Über Kerntheilung mit nachfolgender Körpertheilung bei *Amoeba crystalligera* Gruber. Sitzber. Preuss. Akad. d. Wiss. 1894. p. 1029–1036.

Idem (94*c*). Ein Mikroaquarium, welches auch zur Paraffineinbettung für kleine Objecte benutzt werden kann. Zeitschr. wiss. Mikr. und mikr. Techn. vol. 11. p. 1894. p. 326–329.

Idem (94*d*). *Camptonema nutans* n. g. n. sp., ein neuer mariner Rhizopode. Sitzber. Preuss. Akad. d. Wiss. 1894. p. 1277–1286. Taf. VII.

Idem (95). Untersuchungen an Foraminiferen. I. *Calcitula polymorpha* Roboz. Zeitschr. wiss. Zool. 1895. vol. 59. p. 191–232. Taf. XIV–XV.

Idem (95*a*). Über den Dimorphismus der Foraminiferen. Sitzber. d. Ges. Naturf. Frde. Berlin 1895. Nr. 5. p. 87–97.

Idem (95*b*). Über die Theilung von *Amoeba binucleata* Gruber. ibidem 1895. Nr. 6. p. 130–141.

Idem (95*c*). Über Plastogamie bei Foraminiferen. ibidem 1895. Nr. 10. p. 179–190.

Idem (96). Über den Zeugungskreis von *Paramoeba eilhardi* n. g. n. sp. Sitzber. Preuss. Akad. d. Wiss. 1896. p. 31–41.

Idem (96*a*). Über die Copulation von *Actinophrys sol.* Ehrbg. ibid. 1896. p. 83–89.

Idem (96*b*). Über das Centralkorn der Heliozoen, ein Beitrag zur Centrosomenfrage. Verhdl. Deutsche zool. Ges. 1896. p. 113–130.

Schewiakoff, W. (88). Über die karyokinetische Kerntheilung der *Euglypha alveolata*. Morph. Jahrb. vol. 13. 1888. p. 193–288. Taf. 6–7.

Idem (93). Über die Natur der sogenannten Excretkörner der Infusorien. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 57. 1893. p. 32–56. Taf. III.

*Schneider, A. (78). Beiträge zur Kenntniſs der Protozoen. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 30. Suppl. 1878. p. 447. Taf. 21.

Schultze, M. (54). Über den Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854.

Schulze, F. E. (74). Rhizopodenstudien I. Arch. mikr. Anat. vol. 10. 1874. p. 377–400. Taf. 26–27.

Idem (75). Rhizopodenstudien II. ibidem vol. 11. p. 329–353. Taf. 18–19.

Idem (75*a*) Rhizopodenstudien III. ibidem p. 583–596.

Schwalbe, L. (64). Über die contractilen Behälter der Infusorien. Arch. mikr. Anat. vol. 2. 1864.

Wrzesniowski, A. (70). Beobachtungen über Infusorien aus der Umgebung von Warschau. Zeitschr. wiss. Zool. vol. 20. 1870. p. 493–494.

Zacharias, W. (82). Über den Zellkern. Botanische Zeitung. 1882. p. 639.

Die Litteratur ist so weit berücksichtigt worden, als sie bis Januar 1898 erschienen war, da zu diesem Zeitpunkt die vorstehende Arbeit abgeschlossen wurde.

Tafelerklärung.

Alle Figuren sind mit Hülfe des Winkel'schen Zeichenapparats entworfen, mit Ausnahme von Tafel I, die ein Schema darstellt, und beziehen sich auf *Trichosphaerium sieboldi* Schn.

Leider gibt die ungenügende lithographische Reproduction nicht alle Feinheiten der Zeichnungen wieder.

Tafel I.

Schematische Darstellung des Zeugungskreises von *Trichosphaerium sieboldi* Schn.

Tafel II.

Fig. 1. Ausgebildeter Schizont bei durchfallendem Licht.
» 2. Derselbe bei auffallendem Licht.
» 3. Verschiedene Theilungsstadien von Schizonten. *a.* Zweitheilung; *b.* Dreitheilung; *c. d.* Viertheilung; *e.* Mehrtheilung.
» 4—5. Zwei Theilungsstadien der Schizonten.
» 6. Fraßstellen von *Trichosphaerium* auf einem Algenfilzwerk, zur Demonstration der Art der Ausbreitung dieser Organismen in ihrem Nahrungsgebiet.
» 7. Schizogonie.
» 8. Auskriechen der Sporogone.
» 9. Theil eines Schnittes durch ein in Schizogonie begriffenes Individuum. Sublimat-Alkohol - Haematoxylin.
» 10. Junger Sporont mit 8 Kernen, im Begriff eine Diatomee zu verzehren.
» 11. Etwas älterer Sporont, eine Alge fressend, schon mit Sterkomen gefüllt.

Mit Ausnahme von Fig. 9 sind alle Figuren nach dem Leben gezeichnet.

Tafel III.

Fig. 1. Ausgebildeter Sporont.
» 2. Plastogamie der Sporonten; an 3 Stellen ist die Hülle, welche die einzelnen Individuen trennt, noch erhalten.
» 3. Sporont, in Vorbereitung zur Sporogonie begriffen.
» 4. Sporogonie.
» 5. Ausschwärmen der fertigen Sporen.
» 6. Zwei Schwärmsporen.
» 7—12. Copulation der Schwärmsporen. Fig. 7. Erstes Stadium (Plastogamie). Fig. 8. Abwerfen der Geifseln. Fig. 9. Abrundung der Zygote. Fig. 10. Vacuolisirung derselben. Fig. 11. Beginn der Kernverschmelzung. Fig. 12. Dieselbe vollendet.
» 13. Junger Schizont mit 4 Kernen.
» 14—15. Zwei Stadien der Ausbildung der Hüllschicht bei den Schizonten. Fig. 14. Auftreten von Körnchen in der Gallerte. Fig. 15. Anordnung derselben zu radiären Stäbchen.
» 16—20. Verschiedene Kernstadien und feinere Structur des Plasmas nach dem Leben.
» 21. Die Enden zweier Pseudopodien.
» 22. Pseudopodium nach Erschütterung.

Alle Figuren dieser Tafel sind nach dem Leben gezeichnet.

Tafel IV.

Fig. 1. Schnitt durch einen Schizonten, welcher einen anderen Schizonten gefressen hat. Der Inhalt des letzteren ist bis auf die Hülle, die Kerne und die unverdaulichen Nahrungsreste bereits verdaut. Sublimat-Alkohol, Haematoxylin (dünne Lösung ohne Nachbehandlung mit Salzsäure, daher die Stäbchen der Hülle erhalten).

» 2. Schizontenschnitt. Alle Kerne in Theilung begriffen, und zwar befinden sie sich sämmtlich auf dem Stadium der Aequatorialplatte. Letztere sind in allen möglichen Stellungen vom Messer getroffen. Sublimat-Alkohol-Eisessig (daher Stäbchen gelöst). Haematoxylin, Salzsäure-Alkohol-Ammoniak. Diefs wie das vorige Individuum stammt aus reinen Diatomeenculturen, daher ist das Plasma sehr rein, besonders frei von Sterkomen.

» 3. Dünner Schnitt durch die Randpartie und Pseupodienbasis eines Schizonten. Chromosmiumessigsäure, Holzessig (von Mährenthal's Methode).

» 4. Pseudopodienöffnung im optischen Längsschnitt, nach dem Leben.

» 5. Dieselbe von oben gesehen.

» 6—7. Zwei Längsschnitte durch Pseudopodienöffnungen. Sublimat, Haematoxylin.

» 8. Eine der Fig. 7 ähnliche Pseudopodienöffnung, von oben betrachtet. Sublimat, Haematoxylin.

» 9. Schnitt durch einen encystirten Schizonten. Sublimat-Alkohol, Alaunkarmin.

» 10. Ein Kern mit umgebenden Reservestoffkörnern aus demselben Schnitt bei stärkerer Vergröfserung (etwa $^{2000}/_{1}$).

» 11. Hüllenstäbchen von Schizonten in Längsansicht und (links oben) im Querschnitt.

» 12. Commensalen von *Trichosphaerium*: *a.* im ruhenden, *b.* im frei schwärmenden Zustand. *chrom* = Chromatophorenplatten, *n* = Kern, *A* = Amylum, *ph* = Schlundeinsenkung. Nach dem Leben.

» 13. Austreten des Commensalen aus der Cellulosehülle, nach dem Leben.

» 14. Sterkome in drei verschiedenen Formen.

» 15. Verschiedene Formen der Excretkörner.

» 16. Feinere Structur eines Excretkorns. Vergröfserung $^{2000}/_{1}$.

» 17. Sterkom mit Excretkörnern erfüllt.

Tafel V.

Fig. 1. Sporont auf Diatomeenrasen gezogen. Sublimat-Alkohol, Haematoxylin.

» 2. Partie an der Grenze zwischen zwei plastogamisch verschmolzenen Individuen. Die Weichkörper der verschmolzenen Thiere haben sich nicht vermischt, was daraus hervorgeht, dafs in dem einen alle Kerne im Ruhezustand sind (oben), während im anderen dieselben sich im Stadium der Aequatorialplatte befinden. Äufserlich und auch im Plasma markirt sich keine Grenzlinie zwischen den beiden Individuen. Sublimat-Alkohol-Eisessig, Haematoxylin.

» 3. Kerntheilung des Sporonten kurz vor der Sporogonie, das Plasma ist schon rein von Fremdkörpern und stark vacuolisirt. Alle Kerne im Dyasterstadium. Sublimat-Alkohol, Haematoxylin. Schnitt.

» 4. Schnitt durch einen Sporonten, unmittelbar vor der Sporogonie. Sublimat-Alkohol. Haematoxylin.

» 4*a*. Kleine Partie aus demselben Schnitt bei starker Vergröfserung ($^{2000}/_{1}$).

» 5. Schnitt durch einen in Sporogonie begriffenen Sporonten. Sublimat-Alkohol, Haematoxylin.

» 6. Zwei Sporen bei starker Vergröfserung (etwa $^{2000}/_{1}$). Osmiumsäure, Heidenhain'sche Färbung.

Fig. 7—9. Drei Copulationsstadien der Gameten. Sublimat-Alkohol-Eisessig. Heidenhainsche Färbung.
» 10. Junger Schizont, zweikernig, beide Kerne in Theilung begriffen. Sublimat. Alaunkarmin.
» 11. Junger achtkerniger Schizont. Sublimat-Alkohol, Alaunkarmin.

Tafel VI.

Fig. 1—16. Die vegetativen Kernveränderungen der *Trichosphaerium*-Kerne (vergl. Text).
» 17—39. Die reproductiven Kernveränderungen und die Kerntheilung von *Trichosphaerium*.
» 40—45. Die Kernveränderung bei der Verdauung der gefressenen Trichosphaerien.

Alle diese Figuren sind nach Schnitten gezeichnet. Conservirung: Sublimat-Alkohol-Eisessig. Färbung: Grenacher's Haematoxylin oder Heidenhain's Eisenhaematoxylinfärbung.

Fig. 46—51. Die Veränderungen und der Zerfall der Trichosphaerien beim Verhungern. Nach Totalpraeparaten. Sublimat-Alkohol, Haematoxylin.
» 52—57 beziehen sich auf die Kern- und Zelltheilung der Commensalen von *Trichosphaerium*. Fig. 52 ruhender Commensale; Fig. 53 Kerntheilung; Fig. 54 Zelltheilung; Fig. 55 ruhender Zellkern bei stärkster Vergröſserung ($^{2250}/_{1}$); Fig. 56—57 zwei Kerntheilungsstadien bei stärkster Vergröſserung ($^{2250}/_{1}$). Nach Schnitten. Sublimat-Alkohol-Eisessig, Haematoxylin.

Bei der Anfertigung der Zeichnungen wurden folgende Oculare und Objective von Seibert verwendet:

Ocular 1, 4, 6, 8, 18;
Objective 16, 8, 4, 2.

Die Vergröſserungen sind den einzelnen Figuren beigefügt.

Buchstabenerklärung.

c = Commensalen.
chr = Chromatin.
d = Diatomeen.
e = Excretkörner.
n = Kern.
ncl = Binnenkörper.
m = Kernmembran.
l = Linin.
N = Nahrungskörper.
p = Pseudopodium.
po = Pseudopodienöffnung.
st = Sterkom.
th = Hülle.
v = Flüssigkeitsvacuole.
vd = Verdauungsvacuole.

Inhaltsübersicht.



Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

Bildung der Stäbchenhülle und erste Kerntheilung des jungen Schizonten

Copula

Schizont

Copulation zweier Schwärmsporen

Schizogonie

Sporogonie

Auswanderung der jungen Sporogonien

Kernvermehrung zur Sporogonie

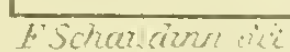
Kernvermehrung

Sporont

Vegetative Vermehrung der Sporonten

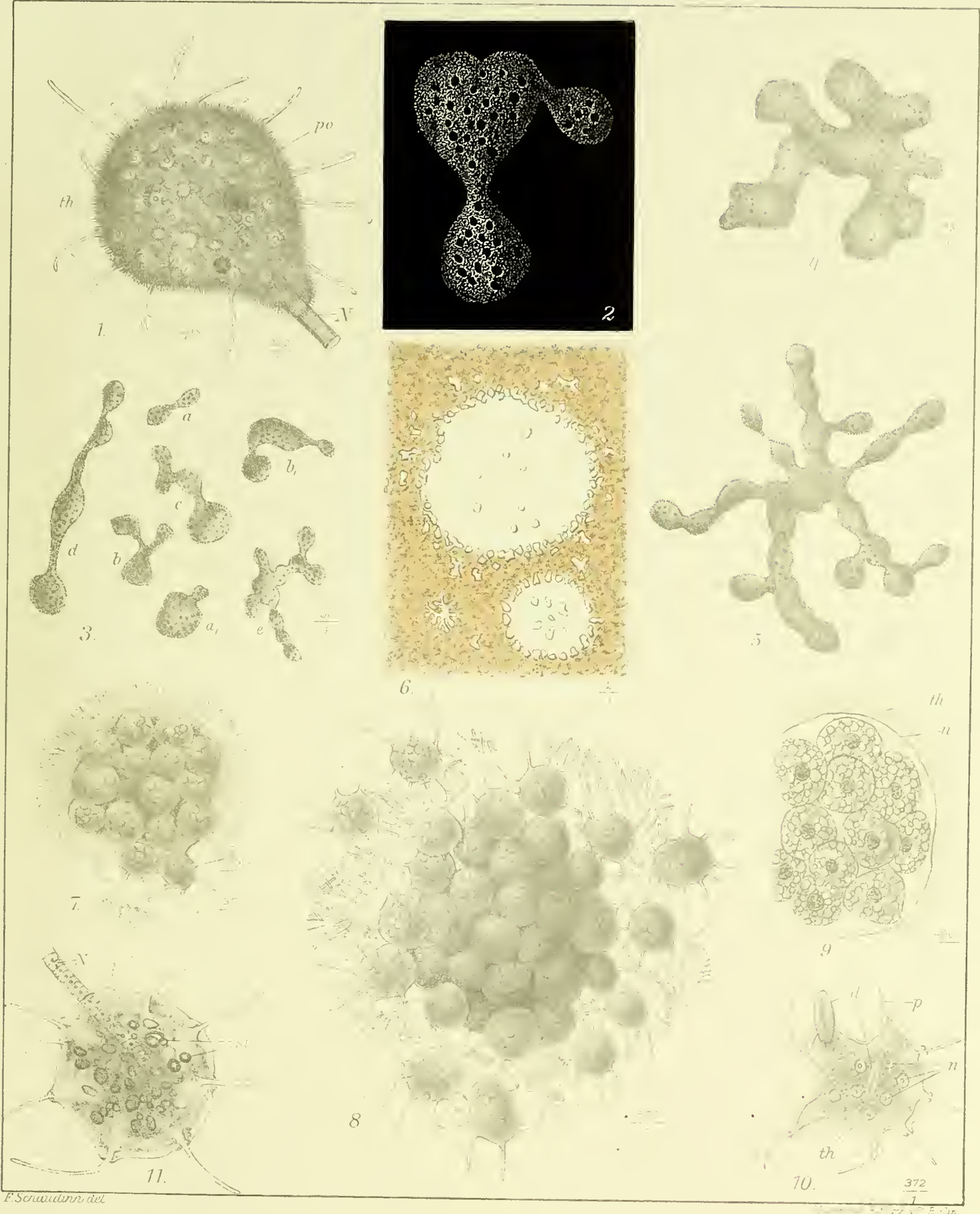
Zweitheilung

Vieltheilung



Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

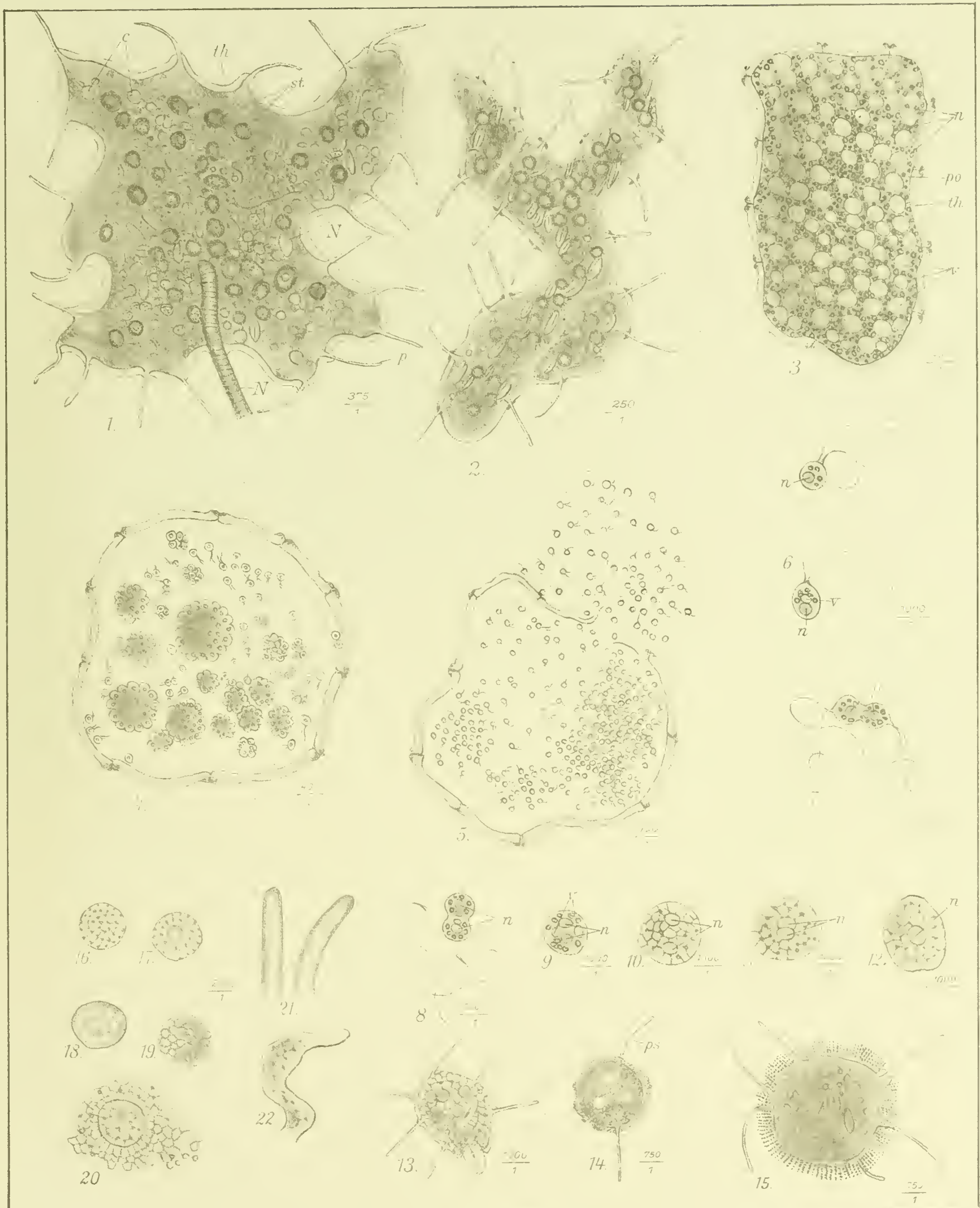
Taf. I.



F. Schaudinn del.

Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

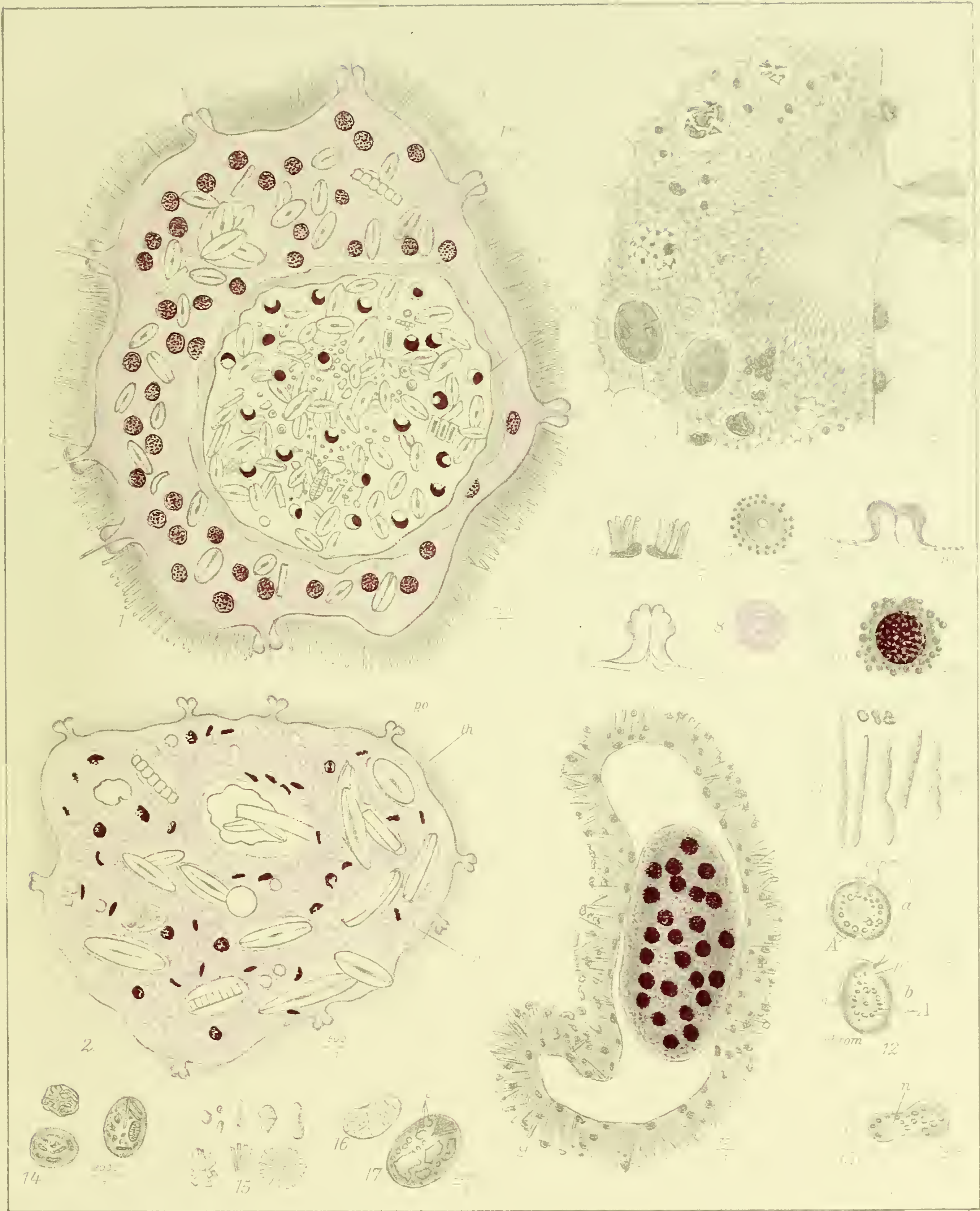
Taf. II.



F. Schaudinn del.

Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

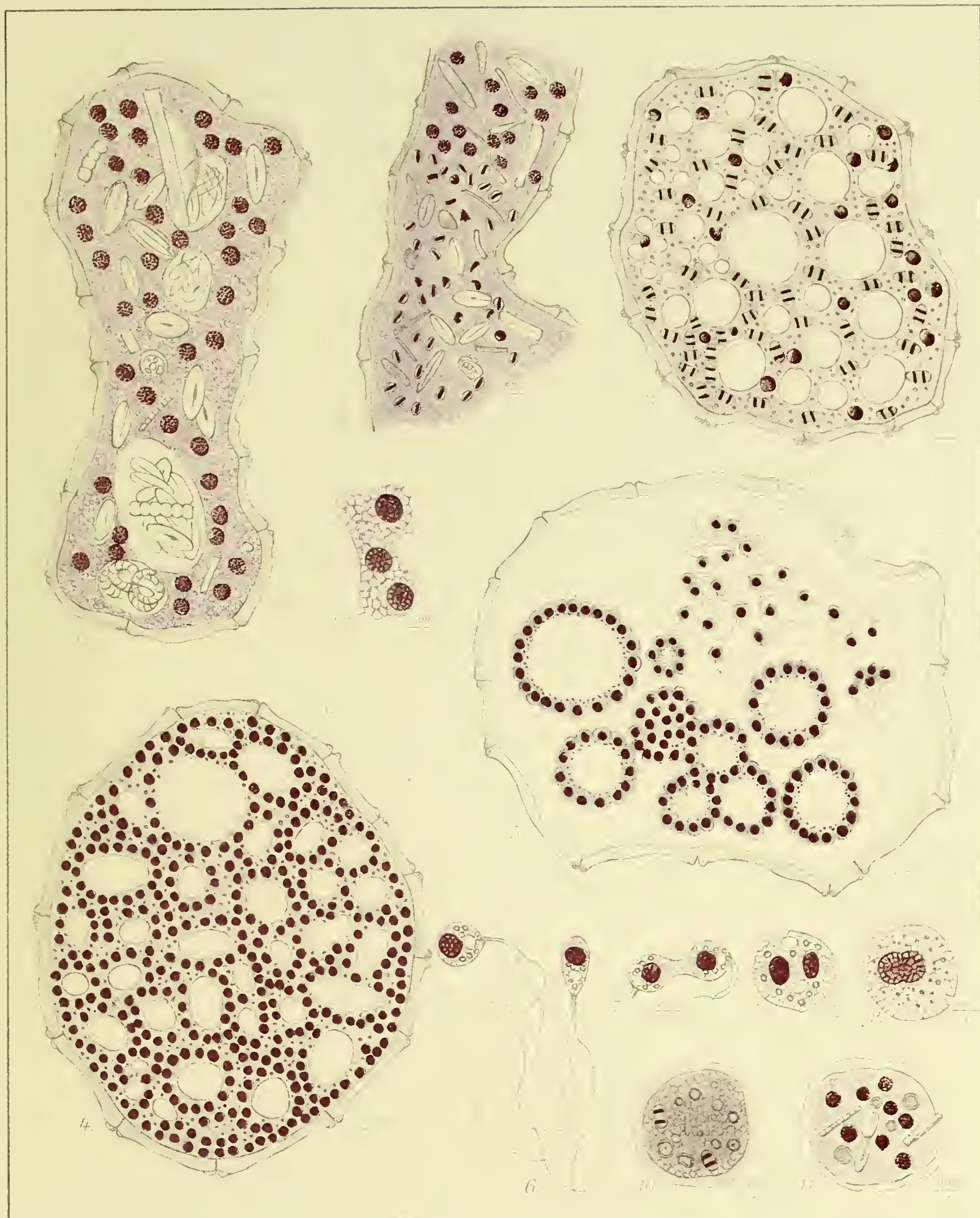
Taf. III.



F. Schaudinn del.

Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

Taf. IV.



F. Schaudinn del.

Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

Taf. V.



F. Schaudinn del.

Schaudinn: Trichosphaerium sieboldi Schn.

Taf. VI.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.